I. *Ueber eine neue Art elektrischer Ströme; von G. Quincke.*

1. Wenn reines Wasser durch einen porösen Körper strömt, so entsteht ein elektrischer Strom. Diese Thatsache habe ich durch folgende Versuche gefunden und festgestellt.

Zwischen den abgeschliffenen Rändern zweier Glasröhren A und B (Fig. 1, Taf. I) von 25^{mm} Durchmesser ist eine Platte aus gebranntem Thon mit Siegellack festgekittet. In die Wände der beiden Glasröhren sind zwei Platindrähte eingeschmolzen, an welche Platinplatten angenietet sind, und diese Platindrähte stehen mit den Enden eines empfindlichen Multiplicators von beiläufig 33000 Windungen und astatischem Nadelpaar in Verbindung, wie er zu Versuchen über thierische Elektricität angewandt wird. Die Röhren A und B werden an den Enden enger, um bequemer die Verbindung mit anderen Glasröhren herstellen zu können. Der Apparat wird nun mit destillirtem Wasser gefüllt, wobei man Sorge trägt, dafs keine Luft in der Thonplatte zurückbleibt. Wird dann, durch Saugen bei B oder durch irgend welchen Druck bei A, die Flüssigkeit in der Richtung von A nach B durch die Thonplatte getrieben, so beobachtet man in dem Augenblicke, wo die Flüssigkeitsströmung beginnt, einen Ausschlag am Multiplicator im Sinne eines elektrischen Stromes der von A nach B in der Flüssigkeit geht. Die von der Flüssigkeitsströmung zuletzt getroffene Platinplatte B verhält sich also wie die Platinplatte eines Grove'schen Elementes. Sobald die Wasserströmung aufhört, geht die Nadel des Multiplicators zurück und man beobachtet einen Polarisa-

tionsstrom im entgegengesetzten Sinne des primären Stromes und der Flüssigkeitsströmung.

Kehrt man die Wasserströmung um, und saugt bei *A*, so zeigt der Multiplicator einen elektrischen Strom, der in der Flüssigkeit von *B* nach *A* geht, an.

Da die hier auftretenden Ströme nur schwach sind, so können leicht Ungleichartigkeiten der Platinplatten elektrische Ströme hervorrufen, die auch ohne Flüssigkeitsströmung die Multiplicatornadel abgelenkt erhalten. Man kann diefs dadurch vermeiden, dafs man vor dem Einkitten der Thonplatte den ganzen Apparat mit heifser concentrirter Schwefelsäure und destillirtem Wasser reinigt, und dann, um die letzten Spuren von Säure, die noch an den Platinplatten haften, zu entfernen, dieselben noch längere Zeit mit destillirtem Wasser in Berührung läfst. Schliefslich wird der Apparat über einer reinen Alkoholflamme oder in der Ofenröhre getrocknet, um die Thonplatte einkitten zu können. Die Thonplatte würde sonst mit grofser Begierde Wassertropfen aufsaugen, der Siegellack an der Thonplatte nicht haften, und das Wasser sich zwischen der Thonplatte und dem Siegellack einen Weg suchen, anstatt durch die Poren der Thonplatte zu gehen. Wird dann der Apparat mit destillirtem Wasser gefüllt, so sind die Ungleichartigkeiten der Platinplatten, wenn überhaupt welche vorhanden sind, so gering, dafs sie das höchst astatische Nadelpaar des angewandten Multiplicators nur um wenige Grade ablenken.

Da die Flüssigkeitsströmung bei dieser Einrichtung des Apparates die durch den Strom polarisirten Platinplatten aber auf ungleiche Weise trifft, so werden dadurch Ungleichartigkeiten herbeigeführt, die mich veranlafst haben bei den folgenden Versuchen den Apparat so einzurichten, dafs die Flüssigkeitsströmung die Platinplatten gar nicht traf.

Zu dem Ende wurden die Glasröhren *A* und *B* des Apparates Fig. 1, Taf. I an einem Ende geschlossen, und dann seitlich zwei engere Glasröhren *C* und *D* Fig. 2 zwischen dem offenen Ende der Röhren und den Platinplatten an-

gesetzt. Die Flüssigkeit an den Platinplatten blieb dann ungeändert, wenn Flüssigkeit durch *C*, das Diaphragma und *D* strömte.

Um jedoch nicht immer gezwungen zu seyn, die Platinplatten umständlich zu reinigen, wurden kleine Ungleichartigkeiten in folgender Weise compensirt, wie schon E. du Bois-Reymond bei physiologischen Versuchen gethan hat. Der Strom einer Daniell'schen Kette ging durch einen vertical ausgespannten Eisendraht, von welchem dann zwei Drähte, deren einer fest, der andere verschiebbar war, abgingen. Von diesen beiden Drähten war der eine mit der einen Platinplatte des »Diaphragmaapparates« (Fig. 2, Taf. I) in Verbindung, der andere mit dem entsprechenden Ende des Multiplicators, das sonst direct mit der Platinplatte in Verbindung stand. Ein kleiner Bruchtheil des Stromes des Daniell'schen Elementes ging dann also durch den Diaphragmaapparat und den Multiplicator, und zwar wuchs dieser Bruchtheil proportional mit der Länge des verticalen Eisendrahtes zwischen dem festen und beweglichen Drahte. Durch Verschieben des letzteren und durch Umkehren des Stromes des Daniell'schen Elementes konnte man dann leicht die Ungleichartigkeit der Platinplatten compensiren, so dafs die Nadel des Multiplicators auf 0° einstand.

Mit einer Druckpumpe wurde nun, um auch gröfsere Wassermengen durch Körper mit weiteren Poren, als die einer Thonplatte sind, treiben zu können, Luft in einem gläsernen Windkessel comprimirt, die dann auf die in dem Windkessel enthaltene Flüssigkeit drückte. Diese letztere wurde durch ein bis auf den Boden des Windkessels reichendes Glasrohr und eine Röhre aus vulkanisirtem Kautschuck und Hanf in den Diaphragmaapparat gedrückt. Die Kautschuckröhre war auf den Glasröhren mit seidener Schnur festgebunden und an den Enden noch mit Siegellack festgekittet, weil sonst der anhaltende Druck von Innen doch dem Wasser einen Weg zwischen Kautschuck und Glas bahnte, oder auch die Kautschuckröhre ganz von dem Glase herunterschob.

Der angewandte Druck schwankte je nach dem angewandten Diaphragma zwischen $\frac{1}{4}$ und 3 Atmosphären, und die durchgedrückte Flüssigkeit tropfte oder flofs in ein untergestelltes Glasgefäfs ab.

2. Es wurden nun statt der Thonplatte andere poröse Körper zwischen die Röhren *A* und *B* des Diaphragmaapparates (Fig. 2, Taf. I) gebracht, und am Multiplicator immer ein Strom im Sinne der Flüssigkeitsströmung wie bei der Thonplatte beobachtet, der so lange anhielt, als die Flüssigkeitsströmung dauerte, um beim Aufhören derselben einen mehr oder weniger starken Polarisationsstrom im entgegengesetzten Sinne des primären zu zeigen.

Die Körper, die untersucht wurden, wenn destillirtes Wasser hindurchströmte, waren

Seide		Schwefel
Leinewand		Gebrannter Thon
Elfenbein		Talk
Glas		Graphit
Sand		Buns en'sche Kohle
Kienen	} holz	Eisen
Linden		Platin
Eichen		

und zwar wurden sie in folgender Form angewandt.

Von dünnem Seidenzeuge [1]) wurden etwa 30 Lagen übereinandergelegt, und über das Rohr *A* des Diaphragmaapparates gebunden, dann wurde das Rohr *B* herangelegt und die Trennungsstelle dick mit Siegellack überzogen. Wegen der grofsen Poren des Seidenzeuges flofs natürlich bedeutend mehr Wasser als bei der Thonplatte aus, wenn derselbe Druck angewandt wurde. Auf dieselbe Weise wurde Leinewand als Diaphragma benutzt.

Die anderen Stoffe wurden pulverförmig in ein Glasrohr von dem Durchmesser der Röhren *A* und *B* des Diaphragmaapparates gefüllt, dessen Ränder abgeschliffen und durch zwei Platten von dem eben erwähnten Seidenzeuge geschlos-

1) Hr. Dr. H. Schacht hatte die Güte dasselbe mikroskopisch zu untersuchen, und fand, dafs es reine Seide war.

sen waren, damit die Flüssigkeitsströmung die kleinen Theilchen des angewandten Körpers nicht mit fortführte. Nur bei der Bunsen'schen Kohle wurde das Glasrohr durch Platten von derselben Kohle geschlossen. Die Länge des Glasrohres betrug bei den verschiedenen Stoffen 20 bis 45^{mm}.

Platin wurde als Platinschwamm, Eisen als Feilspäne angewandt. Schwefel, Talk, Graphit wurden im Porcellanmörser gepulvert. Das Glas war, in reines Papier gewickelt, auf dem Ambofs gepulvert worden. Von Elfenbein und den verschiedenen Holzsorten wurden Sägespäne angewandt. Ich versuchte nämlich vergeblich durch eine poröse Holzplatte Wasser hindurchzupressen, weil die Platten trocken eingekittet werden mufsten und, sobald sie dann nafs wurden, selbst wenn sie senkrecht auf die Richtung der Fasern geschnitten waren, sich mit solcher Gewalt warfen, dafs entweder die Siegellackkittung oder das Glas des Apparates brach.

3. Durch Zusatz von Säuren oder Salzlösungen zum destillirten Wasser wurde der elektrische Strom in seiner Richtung nicht geändert, wohl aber bedeutend geschwächt, so dafs er zuletzt gar nicht mehr bemerkbar war.

Es wurde z. B. eine neue 3^{mm},9 dicke Thonplatte in den Diaphragmaapparat gekittet, und destillirtes Wasser hindurchgedrückt, wodurch die Nadel bis an die Hemmung abgelenkt wurde. Wurden dann 4 Tropfen reine Chlorwasserstoffsäure zu 1 Liter Wasser gesetzt, der Diaphragmaapparat und der gläserne Windkessel hiermit gefüllt, so betrug die Ablenkung bei demselben Drucke nur noch 15 bis 20°. Es war dieser geringe Säuregehalt durch den Geschmack nicht mehr zu erkennen, und mit Silberlösung zeigte sich nur eine äufserst schwache Chlorreaction. Ein weiterer Zusatz von 12 Tropfen Säure schwächte die Wirkung so, dafs ein weit gröfserer Druck angewandt werden mufste, um die Nadel abzulenken. Betrug die Säure 16 Proc. der Flüssigkeit, so war selbst bei 3 Atmosphären Druck keine Ablenkung der Multiplicatornadel zu bemerken.

Dadurch erklärt es sich dann auch, dafs Thonplatten, welche einmal mit Säure in Berührung gewesen sind, sehr schwache Wirkung geben. Selbst durch wochenlanges Liegen in destillirtem Wasser und Trocknen in einer heifsen Ofenröhre lassen sich die letzten Spuren Säure aus solcher Platte nicht entfernen.

Durch Zusatz von Alkohol zu dem destillirten Wasser wurde die Ablenkung der Multiplicatornadel vergröfsert.

Wurde Terpenthinöl dem destillirten Wasser beigemischt, so wurde in einigen Fällen die Ablenkung etwa um $\frac{2}{3}$ verringert, wahrscheinlich, weil das Terpenthinöl die Poren der Thonplatte theilweise verstopft hatte.

Wenn in das Rohr *A* des Diaphragmaapparates mit Terpenthinöl gemischtes destillirtes Wasser, in das Rohr *B* reines destillirtes Wasser gefüllt wurde, so war am Multiplicator nur eine äufserst geringe Ungleichartigkeit der Platinplatten bemerkbar. Wurde dann auf die Flüssigkeit in *A* gedrückt, so war ein galvanischer Strom im Sinne der Flüssigkeitsströmung bemerkbar, wie bei destillirtem Wasser, der auch sofort, als der Druck aufhörte, einem Polarisationsstrom im entgegengesetzten Sinne Platz machte. In dem Rohre *B* war jedoch auch kein Tröpfchen Terpenthinöl zu bemerken.

Als ein trockenes Thondiaphragma mit Terpenthinöl getränkt, und dann beide Röhren des Diaphragmaapparates mit destillirtem Wasser gefüllt wurden, zeigte sich bei dem Druck auf die Flüssigkeit in der Röhre *A* anfangs kein Strom, bis das Wasser das Terpenthinöl aus der Thonplatte verdrängt hatte, und dann war die Wirkung am Multiplicator wie bei reinem Wasser.

Durch Zusatz einer Lösung von kaustischem Natron oder Kupfervitriol zu dem destillirten Wasser wurde die Wirkung auf die Multiplicatornadel geschwächt.

Bei einem Apparate mit Thondiaphragma, der 12 Stunden mit Natronlösung gestanden hatte, war zufällig etwas Fett mit der Flüssigkeit in Berührung gewesen, so dafs sich Seife

gebildet hatte. Bei diesem Apparate war die Ablenkung gröfser als bei destillirtem Wasser.

4. Andere Versuche über den Einfluſs der Natur der durchströmenden Flüssigkeit bei einem Seidendiaphragma habe ich mit dem Apparate Fig. 3, Taf. I angestellt. Es wurden nämlich zwischen die Röhren *A* und *B* des Apparates Fig. 1 noch 2 andere Röhrenstücke *E* und *F*, von gleichem Durchmesser wie *A* und *B*, eingekittet, deren Ränder ebenfalls plangeschliffen und in deren Mitte 2 engere Röhren *G* und *H* seitlich angesetzt waren. Zwischen *A* und *E* und zwischen *F* und *B* waren 2 Thonplatten von 2^{mm} Dicke eingekittet, zwischen *E* und *F* aber 20 Lagen Seidenzeug. Die Röhren *A* und *B* waren mit destillirtem Wasser gefüllt, und mit Kork an den offenen Enden verschlossen. Durch *G* konnte dann Flüssigkeit einströmen und, nachdem sie das Seidenzeug passirt hatte, durch *H* abfliefsen. Die Platinplatten in *A* und *B* standen, wie früher, mit dem Multiplicator in Verbindung, und die Flüssigkeit, die sie benetzte war dieselbe, da, selbst wenn Diffusion durch die Thonplatten hindurch stattgefunden hätte, diese auf gleiche Weise hätte vor sich gehen müssen. Nimmt man sogar an, durch diese Diffusion wären elektrische Ströme erregt worden, so mufsten diese sich gegenseitig zerstören, und konnten keine Wirkung auf die Multiplicatornadel ausüben. Die Seide eignete sich auch deshalb sehr gut als Diaphragma, weil sie keine innere Polarisation zeigt, wie E. du Bois-Reymond [1]) nachgewiesen hat, welche bei allen diesen Versuchen störend einwirkt.

Da destillirte Wasser in dem gläsernen Windkessel wurde nun nach und nach mit reiner Chlorwasserstoffsäure versetzt, und vor dem Schliefsen des Multiplicatordrahtes so lange Flüssigkeit durch den Apparat geleitet, bis man annehmen konnte, dafs die Flüssigkeit in dem Windkessel und dem Diaphragmaapparate dieselbe Zusammensetzung

1) Monatsberic. der Berliner Academie 4. Aug. 1856, S. 21.

hatte. Während dann die Nadel bei destillirtem Wasser einen Ausschlag von 60° im Sinne der Flüssigkeitsströmung gab, wurde sie nach Zusatz von ein paar Tropfen Säure nur noch um wenige Grade abgelenkt, und es war gar keine Ablenkung mehr bemerkbar, als die Flüssigkeit 16 Proc. Chlorwasserstoffsäure enthielt.

Ebenso wie reine Chlorwasserstoffsäure verhielten sich reine Salpetersäure und concentrirte Kochsalzlösung.

Dieselben Resultate erhielt ich mit dem Diaphragma aus pulverförmigen Schwefel, wenn Chlorwasserstoffsäure oder mit dem Diaphragma aus Sägespänen von Lindenholz, wenn Kupfervitriol dem destillirten Wasser zugesetzt wurde. Ebenso gab Brunnenwasser, das viele Salze, besonders Kalk aufgelöst enthielt, mit dem Thon- oder Schwefeldiaphragma schwächere Ablenkung als destillirtes Wasser.

Destillirtes Wasser, das mit Eichensägespänen längere Zeit in Berührung gewesen war, und also Gerbsäure enthielt gab mit Glaspulver und Eisenfeilspänen dieselbe Wirkung wie reines Wasser.

Der Polarisationsstrom war in mehreren Fällen, wenn andere Flüssigkeiten als reines Wasser angewandt wurden schwach.

Bis jetzt habe ich mich auf diese wenigen Flüssigkeiten beschränkt, da bei mehreren in einer Flüssigkeit enthaltenen Stoffen der eine eine gröfsere Anziehung zu dem porösen Diaphragma hat als der andere, und diese dann wieder von der Natur des Diaphragmas abhängt, so dafs die verschiedenen Stoffe mit verschiedener Kraft von dem Diaphragma festgehalten werden, und man im Laufe der Untersuchung ein Diaphragma mit anderer Oberfläche und anderen Eigenschaften erhält, dessen Beschaffenheit zu ergründen eine besondere und tiefer eingehende Untersuchung erfordert. Diefs ist auch der Grund, weshalb im Folgenden die Gesetze, von denen die Intensität der erregten elektrischen Ströme abhängt, bei destillirtem Wasser bestimmt worden sind.

Ich werde hoffentlich später Gelegenheit haben den Einfluss, den der Zusatz fremder Stoffe zu reinem Wasser auf

die Stärke der erregten elektrischen Ströme hat, genauer und messend zu bestimmen.

5. Soviel mir bekannt ist, sind diese Thatsachen neu. Becquerel beschreibt zwar in seinem *Traité de l'électricité, tome II, pag. 94 sqq.*, in einem besonderen Capitel: »*Effets électriques produits dans les actions capillaires*«, Versuche, bei denen elektrische Ströme entstehen, wenn Salpeter- oder Chlorwasserstoffsäure von Platinschwamm aufgesogen werden, jedoch scheinen diese einen anderen Grund zu haben, als die von mir beobachteten.

Die Versuche wurden in der Art angestellt, dafs das eine Ende eines empfindlichen Multiplicators mit einem Platinschälchen in Verbindung stand, das andere Ende aber mit frisch geglühtem Platinschwamme. Becquerel füllt nun das Schälchen mit concentrirter Salpetersäure und sagt: »*A l'instant où l'on effectue l'immersion, l'éponge prend au liquide l'électricité négative, comme si le platine avait été attaqué; elle se polarise aussitôt de manière à produire un courant en sens contraire, qui continue pendant quelque temps, diminue et devient nul.*« Mit concentrirter Chlorwasserstoffsäure beobachtete Becquerel ebenfalls zwei Ströme, aber von umgekehrter Richtung, wie bei Salpetersäure. Waren die Säuren verdünnt, so war der erste Strom derselbe, während der zweite ausblieb.

Ich habe nun diese Versuche in folgender Weise wiederholt. Es wurde an das obere Ende eines Glasröhrchens *R* (Fig 4, Taf. I) von 50^{mm} Länge und 3^{mm},5 Durchmesser ein dünner Platindraht *W* angeschmolzen, so dafs dessen Ende noch einige Millimeter in das Glasröhrchen hineinreichte. Das Röhrchen wurde mit heifser concentrirter Schwefelsäure, durch längeres Liegen in destillirtem Wasser und Erhitzen in einer reinen Alkoholflamme gereinigt und dann mit frisch bereitetem Platinschwamme gefüllt, der durch Drehen des Röhrchens hereingebracht und mit einem reinen Glasstabe festgestampft wurde. Das Röhrchen wurde dann an dem Platindrahte, welcher mit dem einen Ende eines empfindlichen Multiplicators in Verbindung stand, aufge-

hängt. Mit sanfter Reibung konnte es vertical verschoben und mit der in dem Platinschälchen *P* enthaltenen Flüssigkeit in Berührung gebracht werden, welches Platinschälchen mit dem anderen Ende des Multiplicators in Verbindung stand. An der Aenderung der Farbe des Platinschwammes liefs sich leicht erkennen, wie hoch die Flüssigkeit gestiegen war. Ich werde im Folgenden die Stromesrichtung in der Flüssigkeit angeben.

Bei reiner rauchender Salpetersäure beobachtet man zuerst einen Strom vom Schwamme zur Säure, der sehr bald einem anderen stärkeren in entgegengesetzter Richtung Platz macht, welcher letztere mehrere Stunden mit constanter Stärke fortdauert. Ersetzt man nun das Platinschälchen durch ein mit derselben Flüssigkeit gefülltes Uhrglas und verbindet das mit dem Platinschälchen verbunden gewesene Ende des Multiplicatordrahtes mit dem Platindrahte eines zweiten Glasröhrchens, das wie das erste eingerichtet und mit trockenem Platinschwamme gefüllt ist, so beobachtet man wieder beim Eintauchen desselben einen Strom von dem Schwamme zur Flüssigkeit, bis der ganze Platinschwamm benetzt ist. Dann geht die Nadel des Multiplicators, wenn es gelungen war, die Röhrchen gleichmäfsig mit Platinschwamm zu füllen, in ihre Ruhelage zurück, oder es bleibt ein constanter Strom übrig, indem die durch die Einwirkung der Flüssigkeit und des Platinschwammes entstehenden constanten Ströme, deren Richtung in beiden Glasröhren entgegengesetzt ist, sich nicht vollständig compensiren.

Bei gewöhnlicher reiner Salpetersäure beobachtet man ebenfalls einen Strom vom trockenen Schwamme zur Flüssigkeit, der, wenn die Flüssigkeit oben angekommen ist, verschwindet. Nur in seltenen Fällen ist ein Strom in entgegengesetzter Richtung des ersten zu bemerken.

Bei destillirtem Wasser beobachtet man einen Strom vom trockenen Platinschwamme zur Flüssigkeit, der, wenn der Platinschwamm sich vollgesogen hat, einem constanten Strome in entgegengesetzter Richtung Platz macht. Durch Anwendung eines zweiten Platinschwamm-Röhrchens kann

man dann, wie oben bei der rauchenden Salpetersäure, den zweiten constanten Strom eliminiren.

Bei Chlorwasserstoffsäure beobachtet man einen Strom im Sinne der Flüssigkeitsbewegung, von der Säure zum Schwamme, der dann bei rauchender, wie bei verdünnter Säure einem Strome in entgegengesetzter Richtung Platz macht. Ich mufs jedoch bemerken, dafs ich den zweiten Strom, welcher schwächer als der erste war, nicht immer beobachtet habe. Vielleicht rührt er von der Einwirkung des freien Chlors, welches fast immer in der Chlorwasserstoffsäure vorhanden ist, auf das Platin her.

Aufserdem ist bei allen diesen Versuchen die Oberflächenbeschaffenheit des Platinschwammes, die so leicht durch zufällig in der Luft enthaltene Stoffe sich ändert, so wie die Art und Weise des Glühens von grofsem Einflusse, so dafs es einer tief eingehenden Untersuchung bedürfen würde, um diese Ströme in gleicher Stärke hervorrufen und über ihren Ursprung mit Sicherheit entscheiden zu können.

Jedenfalls folgt aus diesen Versuchen, dafs diese Flüssigkeiten elektrische Ströme von verschiedener Richtung erregen, wenn sie von Platinschwamm aufgesogen werden, und es ist nicht abzusehen, wie dann durch Capillarität diese Ströme hervorgerufen seyn können, da das capillare Verhalten dieser Flüssigkeiten doch dasselbe ist, indem sie alle das Platin benetzen. Der Vorgang ist auch gerade bei den Flüssigkeiten, mit welchen Becquerel operirt hat, sehr complicirt; denn wir wissen ja gar nicht, ob der Platinschwamm durch Contact nicht zersetzend auf die Säuren wirkt, und ob die beobachteten Ströme nicht von dieser Zersetzung herrühren. Die zweiten constanten Ströme können aber wohl kaum irgend einem capillaren Vorgange zugeschrieben werden, da die Flüssigkeitstheilchen dann weder neue Theile der festen Platinoberfläche benetzen, noch neue Flüssigkeitstheilchen an die freie Oberfläche gelangen. Da ferner der erste Strom immer nur kurze Zeit, der zweite dagegen oft mehrere Stunden dauert, und in einigen Fällen sogar bedeutend stärker als der erste ist, so ist er auch

nicht als secundärer Polarisationsstrom vom ersten hervorgerufen.

Der zuerst beobachtete Strom schien mir jedoch von der Luftschicht herzurühren, die der trockene Platinschwamm auf seiner Oberfläche condensirt hat, und er mufste also verschwinden, wenn diese Luftschicht von der Flüssigkeit absorbirt war.

Um mich hiervon zu überzeugen, wurden an zwei Platinplatten von 60^{mm} Länge und 10^{mm} Breite zwei dünne lange Platindrähte genietet, die beiden Platten mit heifser concentrirter Schwefelsäure und reinem Wasser gereinigt, und in einer reinen Alkoholflamme geglüht. Beide Platinplatten sind dann gleichartig; denn taucht man sie in eine Flüssigkeit und verbindet sie durch den Multiplicatordraht, so ist kein Strom zu beobachten. Wurde nun die eine Platinplatte längere Zeit in Berührung gelassen mit der Flüssigkeit, die andere, welche der Luft ausgesetzt gewesen war, plötzlich eingetaucht, während die beiden Platten mit den Enden des Multiplicatordrahtes in Verbindung standen, so beobachtete man einen Strom, der in der Flüssigsigkeit von der trockenen zur benetzten Platte ging. Die dabei angewandten Flüssigkeiten waren: destillirtes Wasser, reine gewöhnliche und rauchende Salpetersäure, reine gewöhnliche und rauchende Chlorwasserstoffsäure. Der Strom verschwand bald. Nur bei rauchender Salpetersäure machte er sofort einem Strome in entgegengesetzter Richtung Platz, der auch bald verschwand.

Man sieht also, dafs die beobachteten Ströme dieselbe Richtung wie bei dem Eintauchen des trockenen Platinschwammes in die Flüssigkeit haben, mit Ausnahme der Chlorwasserstoffsäure. Die Ströme, die durch ungleichzeitiges Eintauchen von Platin in destillirtes Wasser entstehen, hat schon Schröder [1]) in derselben Richtung, wie ich, beobachtet, der sie auch bei verschiedenen Metallen und noch einigen anderen, als den eben erwähnten, Flüssigkeiten sehr gründlich untersucht hat.

1) Pogg. Ann. Bd. 54, S. 80.

Möglich, dafs bei der Chlorwasserstoffsäure der Platinschwamm, wie schon oben bemerkt wurde, irgendwie zersetzend einwirkt und so noch eine neue Elektricitätsquelle, die den von der Luftschicht herrührenden Strom überwiegt, auftreten kann. Immerhin bleibt es höchst wahrscheinlich, dafs die an der Oberfläche des Platins adhärirende Luftschicht der Grund der zuerst auftretenden Ströme ist, wenn Wasser oder Salpetersäure von Platinschwamm aufgesogen werden.

Bei destillirtem Wasser geht aufserdem der zuerst beobachtete Strom in der entgegengesetzten Richtung der Flüssigkeitsbewegung, während aus meinen oben angeführten Versuchen folgt, dafs reines Wasser, welches durch benetzten Platinschwamm strömt, einen Strom im Sinne der Flüssigkeitsströmung erzeugt.

6. Es fragte sich nun, wovon die von mir beobachteten elektrischen Ströme herrührten.

Wurden die Röhren des Apparates Fig. 1 Taf. I ohne Diaphragma an einander gekittet und nun ein Wasserstrom hindurchgeleitet, so war keine Ablenkung am Multiplicator zu bemerken. Man sieht also, dafs das Diaphragma zur Erzeugung des elektrischen Stromes nothwendig ist.

Der elektrische Strom konnte nun auch von dem verschiedenen Drucke, dem die Elektroden ausgesetzt sind, herrühren. Um darüber zu entscheiden, wurde eine dicke Platin- oder Kupferplatte zwischen die Röhren *A* und *B* des Diaphragmaapparates Fig. 1 Taf. I gekittet und dieser dann mit destillirtem Wasser gefüllt.

Während die Platinplatten mit einem äufserst empfindlichen Multiplicator mit Spiegelablesung, auf welchen ich weiter unten zurückkommen werde, in Verbindung waren, wurde auf das Wasser in *A* ein solcher Druck ausgeübt, dafs die Platinplatten in *A* und *B* einen um 2,5 Atmospären verschiedenen Druck auszuhalten hatten, ohne dafs jedoch die geringste Wirkung auf die Multiplicatornadel zu erkennen war.

Aufserdem hatten die Beobachtungen an dem Apparate Fig. 3 Taf. I gezeigt, dafs, sobald das destillirte Wasser

durch das Seitendiaphragma zu strömen begann, die Multiplicatornadel abgelenkt wurde, und dafs dieselbe sofort zurückging, wenn die Wasserströmung aufhörte. Da aber der Druck, den das Wasser in *E* und *F* erfuhr, eine geraume Zeit gebrauchte, um durch die 2^{mm} dicken Thonplatten hindurch sich in die Röhren *A* und *B* fortzupflanzen, so hätte der elektrische Strom nicht mit der Flüssigkeitsströmung zugleich eintreten können, wenn er von verschiedenem Druck auf die Platinplatten hergerührt hätte. Ebenso hätte er auch nicht sofort verschwinden können, wenn die Flüssigkeitsströmung aufhörte, da wieder geraume Zeit verfliefsen mufste, bis sich der Druck in *A* und *B* mit dem in *E* und *F* vorhandenen ausgeglichen hatte.

7. Eine andere Möglichkeit wäre auch, dafs die beobachteten Ströme Thermoströme wären, da man annehmen mufs, dafs das Wasser durch die Reibung in den Poren des Diaphragmas erwärmt wird, und dafs also das aus dem Diaphragma austretende Wasser eine höhere Temperatur hat, als das in das Diaphragma eintretende.

Um hierüber zu entscheiden, wurde ein Apparat von ähnlicher Einrichtung wie in Fig. 2 Taf. I angewandt, nur war der Theil der Röhren *A* und *B*, wo die von dem Diaphragma etwas weiter als gewöhnlich entfernten Platinplatten lagen, enger und hatte etwa 10^{mm} Durchmesser. Zwischen die Röhren *A* und *B* wurde dann eine Thonplatte von $3^{mm},9$ Dicke gekittet, auf deren *B* zugewandter Seite sich ein kleiner hufeisenförmig gebogener Glasstab von etwa 1^{mm} Durchmesser befand. Auf dieses Hufeisen war ein sehr dünner Platindraht aufgewickelt, dessen Windungen sich nicht berührten. Die Enden dieses Platindrahtes waren an verschiedenen Stellen durch die Siegellackkittung geführt, so dafs man den Strom von vier Bunsen'schen Elementen durch diese flache Platinspirale leiten und dadurch die Seite *B* des Thondiaphragmas erwärmen konnte. Die Platinplatten des Apparates standen wie gewöhnlich mit dem Multiplicator von 33000 Windungen in Verbindung.

Der erwärmende Strom wurde geöffnet, bevor die Ablesung am Multiplicator geschah, um Täuschungen durch Nebenschliefsungen zu vermeiden. Der Multiplicator zeigte eine Ablenkung von $+3°$, die von einer Ungleichartigkeit der Platinplatten herrührte. Nachdem der erwärmende Strom nun 5′ und 10′ die Platinspirale durchflossen hatte, zeigte der Multiplicator eine Ablenkung von $+13°$ im Sinne eines Stromes, der in der Flüssigkeit von *A* nach *B* ging. Als jedoch der erwärmende Strom noch weitere 10′ die Platinspirale durchflossen hatte, war die Ablenkung 2°. Die Erwärmung mufste dann unterbrochen werden, weil sonst zu fürchten stand, dafs die Siegellackkittung durch die Erwärmung zerstört würde. Durch die Erwärmung des Wassers sammelten sich in dem Rohre *B* an der Thonplatte und der Röhrenwand zahlreiche Luftbläschen, und es ist möglich, dafs von diesen die Ablenkung herrührte; dabei war in den beiden verticalen Seitenröhren des Diaphragmaapparates ein schwaches Steigen zu bemerken, das von der Erwärmung der Flüssigkeit herrührte.

Es wurde alsdann in denselben Apparat statt der flachen Platinspirale eine Thermokette aus drei Neusilber-Eisenelementen gebracht, deren Löthstellen auf der Oberfläche der Thonplatte lagen, und zwar die ungraden auf der einen, die graden auf der anderen Seite der Thonplatte. Die Drähte der Thermokette waren sorgfältig mit schwarzem Schellackfirnifs überzogen. Während nun eine gelinde Berührung einer Löthstelle mit der Hand eine sehr merkliche Ablenkung an einem Thermomultiplicator hervorgebracht hatte, war jetzt an demselben kein Strom zu bemerken, wenn Flüssigkeit durch mechanischen Druck durch das Thondiaphragma getrieben wurde. Obwohl also die Erwärmung mit der Platinspirale ungeheuer grofs war im Verhältnifs zu derjenigen, welche das Durchtreiben der Flüssigkeit durch die Thonplatte hervorbrachte, betrug die Ablenkung im ersten Falle an dem Multiplicator mit 33000 Windungen nur wenige Grade, während in letzterem Falle

der entstandene elektrische Strom die Nadel würde an die Hemmung geworfen haben [1]).

Dasselbe Resultat gab folgender Versuch. Es wurde in einen Thoncylinder eine Glasglocke eingekittet, die in ein verticales Glasrohr endete. Ein eingeschmolzener Platindraht führte durch die Glasglocke zu einer im Innern des Thoncylinders befindlichen Platinplatte, während eine zweite Platinplatte in einem Becherglase sich befand, das den Thoncylinder mit der Glasglocke aufnahm, so dafs das Ganze einen Apparat bildete, wie ihn Wiedemann [2]) zu seinen Untersuchungen »über die Bewegung von Flüssigkeiten im Kreise der geschlossenen galvanischen Säule« angewandt hat. Die Platinplatten waren sorgfältig mit heifser concentrirter Schwefelsäure und destillirtem Wasser gereinigt worden und standen mit dem Multiplicator von 33000 Windungen in Verbindung. Es wurde darauf das Becherglas mit kaltem, der Thoncylinder mit warmem destillirtem Wasser gefüllt und nun der Multiplicator geschlossen. Die Nadel gab einen Ausschlag von 50° im Sinne eines Stromes, der durch den Thoncylinder von innen nach aufsen ging, kehrte aber sehr bald wieder in ihre Ruhelage zurück. Sie

1) Als durch den eben erwähnten Apparat, bei welchem also eine Thermokette die Temperaturdifferenz der verschiedenen Seiten der Thonwand angab, ein Strom von 18 Daniell'schen Elementen geleitet wurde, der das destillirte Wasser merklich durch die Thonwand mit sich hindurchführte, war ebenfalls nach Oeffnen dieses Stromes und Schliefsen der Thermokette keine Ablenkung an dem angewandten Thermomultiplicator bemerklich. Man sieht daraus, dafs wenn eine verschiedenartige Erwärmung der beiden Seiten der Thonwand eintritt, sobald ein galvanischer Strom durch die Thonwand fliefst, die Temperaturdifferenz jedenfalls sehr gering ist.

Es folgte aus diesem und dem folgenden Versuche zugleich, dafs das Fortführen der Flüssigkeiten durch eine poröse Wand mit Hülfe eines galvanischen Stromes nicht von einer ungleichen Erwärmung herrührt, die ein galvanischer Strom an den verschiedenen Stellen der porösen Wand hervorbringen könnte. Es hätte nämlich dann bei beiden Versuchen ein continuirliches Strömen der Flüssigkeit nach der wärmeren Seite der porösen Wand hin beobachtet werden müssen, was durchaus nicht der Fall war.

2) Pogg. Ann. Bd 87, S. 328.

zeigte also einen Strom von der warmen zur kalten Stelle der Thonwand an, während die durch das Durchtreiben von Wasser durch eine Thonwand erregten Ströme von der kalten zur wärmeren Seite der Thonwand gehen.

Man sieht aus diesen Versuchen, dafs die durch das Durchströmen von Wasser durch poröse Körper erregten Ströme nicht Thermoströme sind.

S. Es kam nun zunächst darauf an, die Abhängigkeit der erregten elektrischen Ströme von dem Drucke, der Dicke des Diaphragmas und der durchgeflossenen Flüssigkeitsmenge zu bestimmen. Ich habe hierzu einen Druckapparat angewandt, der in Fig. 5 Taf. I in $\frac{1}{5}$ natürlicher Gröfse dargestellt ist und im Wesentlichen aus einer Mariotte-schen Flasche *A*, einem Quecksilberwindkessel *B* und einem Wasserwindkessel *C* besteht.

Die Flasche *A* ist durch zwei Korke verschlossen, durch deren einen ein Trichter *T* bis auf den Boden der Flasche reicht, während in dem anderen sich ein Hahn *E* befindet. In die Oeffnung *D*, im Boden dieser Flasche, ist ein Glasrohr *F* eingekittet, welches bis auf den Boden des Quecksilberwindkessels *B* reicht und am oberen Ende durch ein Kautschukrohr *Q*, am unteren durch den Stahlhahn *H* unterbrochen ist. Aufser diesem Stahlhahne *H* sind noch zwei Messinghähne *H'* und *H''* in den Messingdeckel von *B* luftdicht eingeschraubt. Der Hahn *H'* führt durch ein Kautschukrohr und den Kegelverschlufs *K* zu einer Druckpumpe, während durch *H'*, das Glasrohr *G*, ein Kautschukrohr, den Kegelverschlufs *K'* und das Glasrohr *O*, der Quecksilberwindkessel *B* mit dem Wasserwindkessel *C* in Verbindung steht. Aufser der Fassung des Glasrohres *O* sind noch zwei andere Fassungen in den Messingdeckel des Wasserwindkessels *C* eingeschraubt, in deren eine der Glashahn *O'* eingekittet ist, in die andere das Glasrohr *O''*, das bis auf den Boden von *C* reicht, ebenfalls durch einen Glashahn geschlossen werden kann und durch ein Kautschukrohr und den Kegelverschlufs *K''* mit dem Diaphragmaapparate Fig. 2 Taf. I in Verbindung steht. Die Messingdeckel

von *B* und *C* sind luftdicht auf die aufgekitteten Messingfassungen aufgeschraubt. Der Glashahn *H'''* im Boden von *B* dient zum Ablassen des Quecksilbers.

An zwei Millimeterscalen kann man die Höhe der Flüssigkeit in *B* und *C* ablesen, und das Glasrohr *F* geht ebenfalls vor einer Millimeterscala her, die in der Zeichnung fortgelassen ist.

Die Kautschukröhren waren sämmtlich aus vulkanisirtem Kautschuk und Hanf gefertigt, konnten mit Sicherheit einen Druck von 3 Atmosphären im Innern ertragen, ohne zu zerreifsen und wurden, wie schon früher erwähnt, mit seidener Schnur und Siegellack an den Glasröhren befestigt.

Es wurde nun, um den Apparat in Gang zu setzen, der Kegelverschlufs bei *K'* gelöst, der Messingdeckel von *C* abgeschraubt und destillirtes Wasser hineingefüllt. Nachdem alsdann der Hahn *H'''* geschlossen und die übrigen Hähne geöffnet worden, wurde durch den Trichter *T* Quecksilber in die Flasche *A* gegossen, das durch das Rohr *F* in das Gefäfs *B* flofs, während die Luft durch *H'* und *H''* entwich. Durch den Kegelverschlufs bei *K'* wurde der Wasserwindkessel, durch den Kegelverschlufs bei *K* die Druckpumpe mit *B* verbunden, die Hähne *O'* und *O''* geschlossen und nun mit der Druckpumpe die Luft in *B* und *C* comprimirt. Dadurch wurde auf das Quecksilber in *B* ein Druck ausgeübt, so dafs es durch das Rohr *F* in die Flasche *A* stieg, während durch den Hahn *E* die in *A* comprimirte Luft entwich. Die Höhe des Quecksilbers in *F* über dem Niveau des Quecksilbers in *B* gab den Druck, unter welchem die in *B* und *C* comprimirte Luft stand. War nun so viel Quecksilber nach *A* gelangt, dafs eben noch die untere Mündung des Druckrohres *F* unter Quecksilber stand, so wurden der Hahn *H'* und der Hahn *E* geschlossen. Oeffnete man dann *O''*, so trieb die comprimirte Luft das Wasser durch das Rohr *O''* in den Diaphragmaapparat, während aus *A* Quecksilber nach *B* nachflofs und durch die untere Oeffnung des Trichters *T* Luft in die Flasche *A* drang.

Die Luft in *B* war also einem Druck ausgesetzt, der gleich einer Quecksilbersäule von der Höhe des verticalen Abstandes der Trichteröffnung in *A* und des Quecksilberniveaus in *B* war. Bei den meisten Versuchen betrug dieser Abstand etwas über 2 Meter.

Der Druck war also fast constant, denn die Aenderung des Quecksilberniveaus in *B* war nur unbedeutend während eines Versuches und konnte an der Scala von *B* abgelesen werden, worauf die mittlere Höhe des Quecksilberniveaus in Rechnung gebracht wurde.

Durch Schliefsen des Hahnes *H''* und Oeffnen von *O'* konnte im Wasserwindkessel wieder Atmosphärendruck hergestellt werden, ohne dafs man nöthig hatte, auch in *B* den Druck aufzuheben.

Um den wirklichen Druck zu erhalten, den das Wasser im Diaphragmaapparat erfuhr, mufste noch die Wassersäule von der Höhe des Wasserniveaus in *C* bis zur Ausflufsöffnung des Diaphragmaapparates in Rechnung gebracht werden, die, auf Quecksilberdruck reducirt, von dem Druck abgezogen wurde, unter dem die Luft im Windkessel stand.

9. Um nicht mit zu grofsen Flüssigkeitsmengen arbeiten und das Wasser in *C* so oft erneuern zu müssen, erzeugte ich nur schwache elektrische Ströme und wandte zu ihrer Messung einen sehr empfindlichen Multiplicator, von Sauerwald in Berlin, mit 10080 Windungen an. An der astatischen Nadel desselben war ein verticaler Oertling'scher Planspiegel befestigt, der auf bekannte Weise das Bild einer horizontalen Scala in ein Fernrohr reflectirte. Das Gewicht des Spiegels war $2^{gr},7$; das des ganzen Systems mit Nadeln, Fassung u. s. w. $6^{gr},5644$. Die Entfernung der Scala vom Spiegel betrug 3145 Scalentheile, so dafs also einem Scalentheil ein Winkel von $32'',789$ entsprach. Das Nadelpaar hatte eine Schwingungsdauer von 14,56 Sekunden und wurde durch einen mehrere Decimeter entfernten Magnetstab, der als Berichtigungsstab diente, auf den Nullpunkt des Theilkreises, senkrecht auf den mag-

netischen Meridian zurückgeführt, weil die Windungen des Multiplicators magnetisch wirkten. Da die Ablenkungen 3° nicht überschritten; so konnten die abgelesenen Scalentheile proportional der Intensität i des ablenkenden Stromes gesetzt werden.

Dieser »Spiegelmultiplicator« war nun noch viel empfindlicher als der Multiplicator von 33000 Windungen, der zu den früheren Versuchen gedient hatte, und es mufste deshalb bei allen folgenden Versuchen, obwohl nur die halbe Länge des Multiplicatordrahtes benutzt wurde, die Empfindlichkeit durch eine Nebenschliefsung sehr bedeutend geschwächt werden, so dafs immer nur ein Bruchtheil (etwa $\frac{1}{75}$) des erregten elektrischen Stromes durch den Multiplicator ging.

Der Multiplicator stand auf einem an der Wand befestigten Brett, auf welchem zugleich der Berichtigungsstab festgekittet war. Ich konnte jedoch nicht vermeiden, dafs durch atmosphärische Einflüsse das Brett seine Lage veränderte, und da der Seidenfaden, der das Nadelpaar trug, 700^{mm} lang war, mithin auch der Aufhängungspunkt der Nadel seine Lage merklich veränderte, so schwankte selbst im Laufe eines Tages der Nullpunkt des Instruments bedeutend. Da jedoch nur Ablenkungen, die bald aufeinander folgten, verglichen werden, so hat dieser Uebelstand auf die mit dem Instrument erhaltenen Resultate keinen Einflufs.

Von viel gröfserem Einflufs ist die Polarisation der Platinplatten. Ich habe denselben dadurch zu eliminiren gesucht, dafs der Strom des Diaphragmaapparates nur die Zeit hindurch geschlossen wurde, die nöthig war, um zwei Ausschläge am Multiplicator zu beobachten, also etwa $\frac{1}{2}$ oder 1 Minute.

Ein Commutator erlaubte, nach Belieben den Strom im Multiplicator umzukehren, um die Ausschläge der Nadel reguliren zu können. Das Mittel aus den zwei beobachteten Ausschlägen gab dann die dem vorhandenen Strom entsprechende Ablenkung.

Die folgenden Versuche wurden sämmtlich mit destillirtem Wasser und Platten von gebranntem Thon angestellt, die aus derselben gröfseren Thonplatte geschnitten und deren Flächen trocken planparallel geschliffen wurden. Die Dicke der Thonplatten wurde mit einem schon früher von mir benutzten Kathetometer [1]) gemessen, indem die Platten direct zwischen den verticalen Cylinder und die denselben hebende Schraube gelegt wurden.

Die durchgeflossenen Wassermengen wurden in Probierröhrchen von etwa 10^{mm} Durchmesser aufgefangen, welche mit einer eingeätzten Millimetertheilung versehen und calibrirt waren. Es zeigte sich dabei, dafs die Wasserströmung abgerissene Theilchen der Thonplatte mit sich fortführte und an anderen Stellen der Thonplatte ablagerte, so dafs die Poren dadurch verstopft wurden. So betrug bei einem Drucke von 1970^{mm} z. B. die durch eine Thonplatte von 24^{mm} Durchmesser und $1^{mm},025$ Dicke in der Minute durchgegangene Wassermenge . . . . . $2^{gr},214$ und nachdem der Apparat 3 Tage in Gebrauch gewesen war . . . . . $0^{gr},902$, so dafs jetzt weniger als die Hälfte hindurchging. Dadurch findet zum Theil auch der Umstand seine Erklärung, dafs die Ablenkung am Multiplicator mit der Zeit abnahm, während der Druck derselbe blieb, weil der Widerstand des Diaphragmaapparates sich vergröfserte.

Unter Umständen kommt es dann auch wieder vor, dafs eine kleine Vermehrung der durchgegangenen Wassermenge stattfindet, besonders wenn der Apparat längere Zeit aufser Thätigkeit gewesen ist.

10. Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen an einem Apparate, wo die eingekittete Thonplatte $1^{mm},025$ Dicke hatte. Unter s steht die beobachtete Ablenkung in Scalentheilen, unter m die in der Minute durchgeflossene Wassermenge in Grammen und unter p der Druck, der die Flüssigkeit hindurchtrieb, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule in Millimetern.

1) Pogg. Ann. Bd. 105, S. 12 ff.

No.	s	m gr	p
1	64,6	1,153	1967 mm
2	40,2	0,657	1370
3	41,4	0,746	1380
4	59,8	0,988	1971
5	40,6	0,670	1369

Giebt man den Gröfsen s, m, p Indices nach der Nummer der Beobachtung und bildet die Quotienten $\frac{s_1}{s_2}$, $\frac{m_1}{m_2}$, $\frac{p_1}{p_2}$, so findet man:

	$\frac{s_1}{s_2}$	$\frac{m_1}{m_2}$	$\frac{p_1}{p_2}$
Aus 1 und 2	1,607	1,754	1,436
» 1 » 3	1,591	1,546	1,426
» 4 » 3	1,441	1,325	1,428
» 4 » 5	1,473	1,474	1,438
Mittel	1,528	1,525	1,432

Man sieht daraus, dafs die Stromintensitäten und die durchgeflossenen Wassermengen sich nahe wie der Druck verhalten, der die Flüssigkeit durchtreibt. Auf diese Abhängigkeit der Stromintensität vom Drucke werde ich noch weiter unten zurückkommen.

Dafs die durchgetriebene Flüssigkeitsmenge sich wie der Druck verhält, der sie hindurchtreibt, ist in Uebereinstimmung mit der Annahme, dafs die Thonplatten aus vielen kleinen Capillarröhren bestehen; denn aus den Versuchen von Hagen [1]) und Poiseuille [2]) folgt, dafs die durch Capillarröhren durchgeströmten Flüssigkeitsmengen sich ebenfalls verhalten wie der Druck, der sie hindurchtreibt. Auch Wiedemann, in der oben citirten Arbeit, hat Resultate derselben Art gefunden.

11. Um nun zu sehen, in welcher Weise die elektromotorischen Kräfte der erregten elektrischen Ströme von

1) Pogg. Ann. Bd. 46, S. 423.

2) *Ann. de chim. S. III, T. VII, pag.* 50 Pogg. Ann. Bd 58. S. 424.

der Dicke der durchströmten Platten abhingen, verfuhr ich folgendermafsen. An den Wasserwindkessel des Druckapparates Fig. 5 Taf. I wurde statt des Kegelverschlusses K'' ein Tförmiges Glasrohr (Fig. 6) befestigt, so dafs das Wasser nach dem Durchgange durch den Glashahn O'' sich in zwei Zweige theilte, indem ein Theil rechts, ein Theil links durch den horizontalen Schenkel NN' des Tförmigen Glasrohres flofs. Bei N und N' waren zwei Kegelverschlüsse angekittet, und es konnten an diese zwei Diaphragmaapparate von gleicher Construction (Fig. 2 Taf. I) befestigt werden, durch welche also dann die Flüssigkeit mit demselben Drucke getrieben wurde. Der Schenkel NN' des Tförmigen Glasrohres hatte eine Länge von 800^{mm} und einen Durchmesser von $7^{mm},5$, so dafs er, mit destillirtem Wasser gefüllt, einen so beträchtlichen Leitungswiderstand bot, dafs dieser $= \infty$ gesetzt werden konnte.

Es wurden alsdann, wie bei der Fechner'schen Methode zur Bestimmung der elektromotorischen Kräfte gewöhnlicher galvanischer Ströme, die Platinplatten der beiden Diaphragmaapparate 1 und 2 so verbunden, dafs der erregte elektrische Strom beide durchfliefsen mufste. Eine Wippe erlaubte aber die Stromesrichtung in dem einen Diaphragmaapparate umzukehren. Bezeichnet man nun die Summe der elektromotorischen Kräfte, die in der Thonplatte des ersten Diaphragmaapparates ihren Sitz haben, mit E_1, die des zweiten Diaphragmaapparates mit E_2, den Widerstand der Flüssigkeit zwischen den Platinplatten des betreffenden Apparates mit W_1 und W_2, ferner den Widerstand des übrigen Stromkreises mit w, so ist die Intensität i_1 des Stromes, der durch den Multiplicator fliefst, wenn die elektromotorischen Kräfte gleiche Richtung haben:

$$i_1 = \frac{E_1 + E_2}{W_1 + W_2 + w} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

und wenn sie entgegengesetzte Richtung haben:

$$i_{11} = \frac{E_1 - E_2}{W_1 + W_2 + w} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

An dem Multiplicator liest man nun Scalentheile ab, und es ist:

$$i_{,} = A s_{,} \qquad i_{,,} = A s_{,,} \qquad (3)$$

wo A eine von der Einrichtung des Multiplicators abhängige Constante ist. Aus den Gleichungen (1), (2) und (3) folgt dann:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{s_{,} + s_{,,}}{s_{,} - s_{,,}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Durch Beobachtung zweier Ablenkungen am Multiplicator bekommt man also das Verhältnifs der Summen der elektromotorischen Kräfte, die in beiden Diaphragmen ihren Sitz haben.

Zwischen die Röhren der Diaphragmaapparate wurden nun Thonplatten gebracht, von verschiedener Dicke und aus derselben gröfseren Thonplatte geschnitten; die Widerstände W_1 und W_2 waren dann nahe dieselben, obwohl diefs, wie sich nachher ergeben wird, von keinem Einflufs ist. Die beiden Diaphragmaapparate unterschieden sich also nur durch die Dicke der Thonplatten.

Die Ablesungen geschahen in der Weise, dafs zuerst $s_{,,}$ und dann $s_{,}$ beobachtet wurde, so dafs, da $s_{,,}$ immer sehr klein war, die durch den Strom $i_{,}$ hervorgerufene Polarisation auf die Gröfse von $s_{,}$ nicht merklich von Einflufs war. Der Polarisationsstrom wurde bei diesen Versuchen nach dem Aufhören der Flüssigkeitsströmung ebenfalls beobachtet, und es zeigte sich hier meist ein Ueberwiegen des Polarisationsstromes des Apparates mit dickerem Diaphragma, wie es auch die innere Polarisation des Diaphragmas erwarten liefs. Da jedoch die Gröfse des Polarisationsstromes von der Dauer des primären Stromes abhängt, und meine Apparate diese Dauer nicht zu messen erlaubten, so sind die Ablenkungen des Polarisationsstromes, da sie doch nicht mafsgebend seyn würden, nicht angeführt.

12. Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen an zwei Thonplatten, deren Dicken

$$d_1 = 1^{mm},967 \qquad d_2 = 1^{mm},025$$

waren. Die mit $s_{,}$ und $s_{,,}$ bezeichneten Columnen geben

die beobachteten Ablenkungen in Scalentheilen, die dritte Columne den Druck p in Millimetern; m_1 und m_2 sind die in der Minute durchgeflossenen Wassermengen, $\frac{m_2}{m_1}$ das Verhältnifs dieser Wassermengen, und die letzte Columne $\frac{E_1}{E_2}$ endlich das nach Gleichung (4) aus s_i und s_{ii} berechnete Verhältnifs der elektromotorischen Kräfte.

No.	s_i	s_{ii}	p	m_1	m_2	$\frac{m_1}{m_2}$	$\frac{E_1}{E_2}$
				gr	gr		
1	197,2	—3,2	1974mm	1,140	1,761	1,541	0,9681
2	206,9	—1,7	1959	1,103	1,218	1,132	0,9884
3	152,5	4,4	1377	0,799	0,749	0,937	1,0594
4	207,6	14,0	1954	1,193	1,304	0,916	1,1446
5	197,0	7,4	1402	0,761	0,643	0,844	1,0780
						Mittel	1,0477

$$\frac{d_1}{d_2} = 1{,}920.$$

Es wurde dann die dünne Thonplatte aus dem zweiten Diaphragmaapparate entfernt und statt dessen eine dickere eingekittet, so dafs jetzt

$$d_1 = 1^{mm},640 \qquad d_2 = 4^{mm},682$$

war. Die folgende Tafel giebt eine damit erhaltene Beobachtungsreihe:

No.	s_i	s_{ii}	p	m_1	m_2	$\frac{m_1}{m_2}$	$\frac{E_1}{E_2}$
				gr	gr		
1	77,2	—1,7	1981mm	3,260	0,737	4,421	0,956
2	65,7	6,6	1966	2,276	0,708	3,215	1,224
3	86,6	7,5	1974	2,071	0,708	2,926	1,190
4	77,3	6,0	1979	1,829	0,669	2,736	1,168
5	68,2	5,7	1975	1,564	0,617	2,536	1,182
6	57,1	5,7	1435				1,222
7	50,9	6,3	1393	0,972	0,413	2,354	1,282
8	69,9	2,5	1979	1,370	0,622	2,203	1,074
9	46,7	1,6	1410	0,835	0,392	2,129	1,073
10	66,0	1,4	1981	1,132	0,554	2,045	1,073
11	47,7	1,5	1400	0,738	0,373	1,979	1,065
						Mittel	1,1343

Man sieht hieraus, dafs die elektromotorischen Kräfte unabhängig sind von der Dicke der Thonplatten und der durchgegangenen Flüssigkeitsmenge, wie auch der Druck seyn mag, der die Flüssigkeitsströmung bewirkt.

Die Verschiedenheit des Verhältnisses $\frac{E_1}{E_2}$ erklärt sich durch die Unsicherheit der Methode. Die erste Beobachtung der letzten Tafel giebt für das Verhältnifs $\frac{E_1}{E_2}$ zwar eine Zahl < 1; ich habe aber oben gezeigt, wie aufserordentlich kleine Mengen eines dem destillirten Wasser zugesetzten Stoffes schon die Gröfse des erregten elektrischen Stromes verändern, und obwohl bei den vorliegenden Versuchen alle Vorsicht getroffen war, um eine Verunreinigung des destillirten Wassers und der Diaphragmaapparate zu verhüten, so konnten doch leicht Fetttheilchen, die vielleicht auch den messingenen Kegelverschlufs angegriffen hatten, mitgeführt werden, und so die elektromotorischen Kräfte ändern. Möglich auch, dafs schon in dem angewandten destillirten Wasser solche fremden Stoffe enthalten waren, wie ja schon Riefs [1]) bei der elektrischen Funkenentladung in Flüssigkeiten gezeigt hat, wie verschieden sich destillirtes Wasser aus verschiedenen Bezugsquellen verhält.

13. Dasselbe Resultat erhielt ich, wenn der Widerstand W_1 beträchtlich gröfser war, als W_2, indem bei dem Apparate 2 die Platinplatten sich dicht an der Thonwand befanden. Folgende Tabelle giebt die Beobachtungen an zwei solchen Apparaten, wo

$$d_1 = 1^{mm},567 \qquad d_2 = 4^{mm},693$$

war.

No.	s_I	s_{II}	p	$\frac{E_2}{E_1}$
1	91,6	— 0,05	1974^{mm}	1,001
2	54,1	— 1,05	1177	1,040

Wurde der Apparat 1 allein durch den Multiplicator geschlossen, so wurde die Nadel um 36,9 Scalentheile ab-

1) Pogg. Ann. Bd. 102, S. 190.

gelenkt, während bei dem Apparate 2 die einen Meter lange Scala aus dem Sehfelde des Fernrohres ging. In beiden Fällen betrug der Druck 1970^{mm}.

Während also die elektromotorischen Kräfte dieselben waren, folgt aus den Ablenkungen, die jeder Apparat für sich hervorbrachte, dafs der Widerstand im zweiten Diaphragmaapparate beträchtlich kleiner als im ersten war.

Dasselbe ergaben Versuche, bei denen durch Einschalten einer Siegellackplatte in den einen Apparat der Querschnitt an einer Stelle bedeutend verringert und so der Widerstand zwischen den Platinplatten vermehrt wurde.

14. Um ferner zu sehen, in welcher Weise die elektromotorische Kraft von der Gröfse der freien Oberfläche der Thonplatte abhinge, die dem Drucke der Flüssigkeit ausgesetzt ist, wurden Thonplatten von fast derselben Dicke, die ebenfalls aus derselben gröfseren Thonplatte geschnitten und geschliffen waren, in die beiden Diaphragmaapparate eingekittet. Die eine Thonplatte war aber vorher trocken an den Rändern mit geschmolzenem Siegellack überzogen worden, so dafs in der Mitte ein kreisförmiges Stück frei blieb, durch welches die Flüssigkeit hindurchgetrieben wurde. Die Art und Weise der Ablesung geschah dann wie bei den Diaphragmaapparaten mit Thonplatten von verschiedener Dicke.

Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen an zwei Thonplatten, deren Dicken

$$d_1 = 3^{mm},946 \qquad d_2 = 3^{mm},968$$

waren, während die freien Oberflächen der Thonplatten die Radien

$$r_1 = 8^{mm},4 \qquad r_2 = 11^{mm},7$$

hatten, sich also wie 1 : 1,94 verhielten.

No.	s_I	s_{II}	p	$\frac{E_1}{E_2}$	$\frac{s_8}{s_n}$	$\frac{p_8}{p_n}$
1	127,0	5,5	1978^{mm}	1,091		
2	116,6	4,3	1978	1,076		
3	130,4	4,0	1978	1,063		
4	79,8	4,0	1165	1,105	1,753	1,704
5	62,9	2,1	910	1,069	2,224	2,218
6	51,2	3,2	696	1,046	2,732	2,850
7	37,3	4,0	499	1,211	3,751	3,973
8	139,9	10,0	1984	1,154		
9	99,7	—1,0	1486	0,980		
10	129,4	—1,8	1984	0,973		

s_I ist proportional der Summe der elektromotorischen Kräfte $E_1 + E_2$ und es sind in der vorletzten Columne die Quotienten der Werthe von s_I aus der Beobachtung No. 8 mit den Beobachtungen No. 4 bis 7 gegeben. Die letzte Columne enthält die Quotienten der entsprechenden Werthe von p. Man sieht, dafs beide sehr nahe übereinstimmen, dafs also die elektromotorische Kraft wieder proportional dem Drucke zunimmt. Zugleich folgt aus den Werthen von $\frac{E_1}{E_2}$, die in der vierten Columne gegeben sind, da diese nahe $= 1$ sind, dafs die elektromotorische Kraft unabhängig von der freien Oberfläche der porösen Wand ist.

Dieselben Resultate ergaben andere Versuchsreihen.

15. Bei allen diesen Versuchen wurde der Widerstand der Diaphragmaapparate als constant vorausgesetzt und ferner der Einflufs der Polarisation nur dadurch vermieden, dafs man ihn möglichst klein zu machen suchte. Die Unregelmäfsigkeiten, die sich in den so erhaltenen Resultaten zeigten, konnten also nicht nur von einer Aenderung der elektromotorischen Kräfte, sondern auch von einer Aenderung der Widerstände herrühren, was um so wahrscheinlicher war, da sich ja die Thonplatten verstopften. Ich habe deshalb die elektromotorische Kraft auch nach der von Poggendorff [1]) angegebenen Methode bestimmt, zumal

1) Pogg. Ann. Bd. 54, S. 161 ff.

diefs zugleich ein Mittel an die Hand gab, dieselbe mit einer anderen bekannten elektromotorischen Kraft, z. B. der einer Daniell'schen Kette zu vergleichen.

Die Fig. 7 Taf. I giebt die schematische Anordnung der Versuche. Der Strom einer Hydrokette K, der durch einen Rheostaten R verändert werden kann und durch eine Tangentenbussole T mit Spiegelablesung gemessen wird, theilt sich in zwei Zweige 2 und 3. In 3 sind der Diaphragmaapparat e und der oben beschriebene Spiegelmultiplicator M eingeschaltet. Bezeichnet man dann die Stromintensitäten in den drei Zweigen mit i_1, i_2, i_3, die Widerstände mit w_1, w_2, w_3, so hat man nach den Kirchhoff'schen Gleichungen, wenn e die gesuchte elektromotorische Kraft des Diaphragmaapparates bezeichnet,

$$\left.\begin{aligned} i_2 w_2 + i_3 w_3 &= e \\ i_1 - i_3 &= i_2 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

Wird dann mit dem Rheostaten R die Stromintensität so regulirt, dafs der von K herrührende Strom den entgegengesetzten des Diaphragmaapparates gerade vernichtet, so wird $i_3 = 0$, und die Gleichungen (5) gehen über in

$$i_1 = i_2 \qquad\qquad i_2 w_2 = e$$

oder

$$J W = e \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

wo J die an der Tangentenbussole gemessene Stromintensität und W den Widerstand w_2 bezeichnet. Der Spiegelmultiplicator M dient also blofs als Galvanoskop.

An der Tangentenbussole werden nun Scalentheile s abgelesen, und zwar ist, wenn φ den Ablenkungswinkel und E die Entfernung der Scala vom Spiegel bezeichnet,

$$\frac{s}{E} = \operatorname{tg} 2\varphi \qquad\qquad J = A \operatorname{tg} \varphi$$

wo A ein von den Dimensionen der Tangentenbussole und der absoluten Intensität der Horizontalcomponente des Erdmagnetismus abhängiger constanter Factor ist. Setzt man für $\operatorname{tg} \varphi$ seinen Werth aus der ersteren Gleichung in die zweite ein, so hat man mit grofser Annäherung:

$$J = A \frac{s}{2E} \left(1 - \frac{s^2}{4E^2}\right) \quad \ldots \quad (7)$$

Um nun W zu bestimmen, verfuhr ich folgendermafsen. Es wurde an derselben Tangentenbussole die Ablenkung beobachtet, die eine Daniell'sche Kette allein hervorbrachte, und dann, wenn noch der Widerstand W eingeschaltet war. Während der Dauer der Beobachtung wurde die elektromotorische Kraft D der Daniell'schen Kette als constant angenommen, und bezeichnet man mit w den ursprünglichen Widerstand, so hat man

$$A \operatorname{tg} \psi = \frac{D}{w}$$

$$A \operatorname{tg} \psi_i = \frac{D}{w + W}$$

oder daraus

$$W = \frac{D}{A} \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \psi_i} - \frac{1}{\operatorname{tg} \psi_{ii}}\right) \quad \ldots \quad (8)$$

Diese Werthe von J und W aus den Gleichungen (7) und (8) in die Gleichung (6) eingesetzt, giebt

$$e = \frac{s}{2E} \left(1 - \frac{s^2}{4E^2}\right) \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \psi_i} - \frac{1}{\operatorname{tg} \psi}\right) D \quad \ldots \quad (9)$$

Werden nun $\operatorname{tg} \psi$ und $\operatorname{tg} \psi_i$ durch die abgelesenen Scalentheile σ und σ_i ersetzt, so hat man mit grofser Annäherung

$$\left(\frac{1}{\operatorname{tg} \psi_i} - \frac{1}{\operatorname{tg} \psi}\right) = 2E \left(\frac{\sigma - \sigma_i}{\sigma \sigma_i} - \frac{\sigma - \sigma_i}{4E^2}\right)$$

und diefs in die Gleichung (9) eingesetzt, giebt

$$e = s \,.\, D \,.\, \left\{\frac{\sigma - \sigma_i}{\sigma \sigma_i} - \frac{\sigma - \sigma_i}{4E^2} \left(1 + \frac{s^2}{\sigma \sigma_i}\right)\right\} \quad . \quad (10)$$

Ist dann E sehr grofs, so ist das zweite Glied der Parenthese zu vernachlässigen und es ist die gesuchte elektromotorische Kraft

$$e = s \,.\, D \,.\, \frac{\sigma - \sigma_i}{\sigma \sigma_i} \quad \ldots \quad (11)$$

d. h. proportional den an der Tangentenbussole abgelesenen Scalentheilen.

Bei den vorliegenden Versuchen war $E = 1750$ Sca-

lentheilen, d. h. ein Scalentheil entsprach einem Winkel von 58″,928, und das zweite Glied der Parenthese konnte also vollständig vernachlässigt werden. Man braucht also nicht einmal die Constante der Tangentenbussole zu kennen, sondern erhält durch die Ablesungen der Scalentheile direct die gesuchte elektromotorische Kraft in Bruchtheilen derjenigen einer Daniell'schen Kette ausgedrückt.

16. Da die Tangentenbussole keine starke Dämpfung hatte, so mufste der Rheochord sich verstellen lassen, ohne die Kette zu öffnen, damit die Magnetnadel nicht zu grofse Schwankungen machte. Es wurde deshalb aufser einem Systeme von Widerstandsrollen, welches Widerstände = einzelnen Meilen Kupferdraht, wie er zu Telegraphenleitungen gebraucht wird, einzuschalten erlaubte (Pogg. Ann. Bd. 102 S. 75), ein Rheochord von folgender Einrichtung angewandt:

In eine Glasröhre *G* (Fig. 8 Taf. I) von $2^{mm},5$ Durchmesser und 800 bis 900^{mm} Länge sind bei *A* vier Platindrähte eingeschmolzen, die nach Innen in zwei Platindrähte von $0^{mm},0767$ Durchmesser sich fortsetzen. Diese beiden dünnen Platindrähte gehen bei *D* zwischen dem Kork und der Glaswand hindurch und werden durch die Schrauben *SS'* angespannt, so dafs sie sich nicht berühren. Obwohl man fast niemals eine vollkommen gerade Glasröhre von solcher Länge findet, so erlaubt die Elasticität derselben doch, sie der Länge nach auf dem Brettchen *B* festzukleben, so dafs sie vollkommen gerade wird und die Platindrähte sich nicht berühren. Drei Stellschrauben erlauben das Brettchen horizontal zu stellen. An ihren erweiterten Enden *D* und *E* steht die Glasröhre durch Korke mit zwei Glaskugeln in Verbindung, von denen die eine mit einem langen Kautschukrohre *C* versehen ist. Bei *D* ist das Brett wegen der Erweiterung der Glasröhre ausgeschnitten. In die Glasröhre wird nun ein Quecksilbertropfen *Q* von etwa 12^{mm} Länge gebracht, der durch Blasen oder Saugen an dem Kautschukrohre verschoben werden kann. Kleine Verschiebungen des Quecksilbertropfens bewirkt man, indem man das Kautschukrohr an einem Ende verschliefst und

dann durch Drücken die Luft in ihm comprimirt, oder indem man das Ende des comprimirten Kautschukrohres verschliefst und die Compression theilweise aufhebt. Statt des letzteren kann man auch die Luft in einem zweiten bei *D* angebrachten Kautschukrohre comprimiren. Die Reibung des Quecksilbers in der engen Glasröhre ist so grofs, dafs eine freiwillige Verschiebung desselben, selbst wenn die Glasröhre nicht vollkommen horizontal wäre, nicht zu befürchten ist. Wird nun bei *A*, wie es die Drahtklemmen andeuten, ein elektrischer Strom ein- und ausgeleitet, so kann man in diesen Stromkreis durch Verschieben des Quecksilbertropfens eine beliebige Länge des dünnen Platindrahtes einschalten, und diese Länge wird auf einer auf dem Brettchen angebrachten Millimetertheilung, die in der Zeichnung fortgelassen ist, abgelesen. Der Widerstand der beiden Platindrähte ist wegen der aufserordentlichen Feinheit derselben gröfser, als der einer Meile Telegraphendraht, und ich konnte also mit diesem Rheochord und dem erwähnten Systeme von Widerstandsrollen jeden beliebigen Widerstand bis zu 99 Meilen Telegraphendraht hervorbringen. Der Draht nimmt dabei leicht die Temperatur der Umgebung an, ist durch die Glasröhre vor Verletzungen geschützt und wird auch nicht von dem Quecksilbertropfen mechanisch verändert, was bei dem Contacte fester Körper immer der Fall ist.

Die beiden bei vorliegenden Versuchen nicht benutzten Drahtenden bei *A* dienen dazu, um eine Nebenschliefsung anbringen zu können. Der Theil des Hauptstromes, der durch diese Nebenschliefsung fliefst, wird dann durch die Stellung des Quecksilbertropfens bedingt und ist, wenn sich der Tropfen bei *A* befindet, $= 0$.

Es kam ferner darauf an, den in der Gleichung (6) mit *W* bezeichneten Widerstand immer von derselben Gröfse zu haben. Zu dem Ende wurde auf ein Probierröhrchen ein dünner Silberdraht gewunden, ohne dafs sich natürlich die Windungen berührten, und diese dann wieder mit einem etwas weiteren Probierröhrchen umgeben. Die Rän-

der beider Röhren wurden durch Siegellack verkittet und durch diese Kittung reichten die Enden des Silberdrahtes hindurch. Zwei auf solche Weise isolirte Spiralen wurden dann in ein gröfseres Gefäfs mit Wasser gestellt, so dafs sie immer die Temperatur dieses Wassers hatten, welche nur um 2° bis 3° C. schwankte. Die dadurch hervorgebrachte Aenderung des Widerstandes fiel also innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler. Die angewandten Ströme waren auch so schwach, dafs die Erwärmung des Drahtes nur sehr unbedeutend seyn konnte, indem die Tangenten der an der Tangentenbussole beobachteten Ablenkungswinkel mit 5,672 zu multipliciren waren, um die Stromintensität in Weber'schen Einheiten ausgedrückt zu erhalten.

17. Es wurden nun zwei Thonplatten, deren Dicken

$$d_1 = 2^{mm},078 \qquad d_2 = 2^{mm},064$$

waren, in zwei gleiche Diaphragmaapparate gekittet. Die zweite Platte war auf beiden Seiten, bis auf einen Kreis in der Mitte, trocken mit geschmolzenem Siegellack überzogen worden, so dafs die freien Oberflächen die Radien hatten:

$$r_1 = 11^{mm},7 \qquad r_2 = 4^{mm},7$$

und sich also wie 6,06 : 1 verhielten.

Wurden die Platinplatten eines Diaphragmaapparates nicht mit einander verbunden, so konnte beliebig lange Zeit destillirtes Wasser durch die Thonplatten getrieben werden, ohne dafs nach dem Aufhören der Wasserströmung ein Ausschlag am Spiegelmultiplicator bemerkbar gewesen wäre, wenn jetzt die Platinplatten durch den Multiplicator geschlossen wurden.

Beide Diaphragmaapparate wurden vor das T förmige Rohr des Druckapparates geschraubt und abwechselnd der eine oder der andere Apparat in die Nebenschliefsung 3 (Fig. 7 Taf. I) der Daniell'schen Kette eingeschaltet. Die Stromintensität wurde so lange mittelst des Rheochords geändert, bis am Multiplicator beim Schliefsen des Diaphragmaapparates kein Ausschlag mehr zu bemerken war,

und dann der Stand der Tangentenbussole abgelesen. Natürlich wurde dabei darauf gesehen, dafs keine Polarisation oder sonst eine merkliche Ungleichartigkeit der Platinelektroden des Diaphragmaapparates vorhanden war. Der Nullpunkt der Tangentenbussole wurde nach jeder Ablesung bestimmt, um die Schwankungen desselben zu eliminiren.

In der folgenden Tafel geben die Columnen s die dem Drucke p entsprechenden Ablenkungen der Tangentenbussole in Scalentheilen:

	Apparat 1.				Apparat 2.			
No.	s	p	$\frac{s'}{s}$	$\frac{p'}{p}$	s	p	$\frac{s'}{s}$	$\frac{p'}{p}$
1	195,1	1989^{mm}			168,8	1980		
2	151,5	1514	1,287	1,284	139,1	1528	1,213	1,296
3	117,2	1157	1,664	1,720	107,7	1150	1,568	1,722
4	75,2	723	2,584	2,752	64,7	748	2,609	2,647
5	46,3	407	4,213	4,889	41,3	445	4,087	4,449
6					19,4	244	8,702	8,116
	Temp. $= 14°,5$ C.				Temp. $= 11°,3$ C.			

Die mit $\frac{s'}{s}$ und $\frac{p'}{p}$ bezeichneten Columnen geben das Verhältnifs der Werthe von s und p der betreffenden Horizontalreihe zu denen der ersten Horizontalreihe. Man sieht, die Verhältnisse sind nahe dieselben, und es verhalten sich also die Ablenkungen der Tangentenbussole oder die elektromotorischen Kräfte des Diaphragmaapparates wie der Druck, der die Flüssigkeit durch das Diaphragma treibt, wie das auch die frühere Methode ergeben hat.

18. In der folgenden Tafel sind die Beobachtungen an denselben beiden Diaphragmaapparaten mit einander verglichen, wie sie im Laufe mehrerer Tage erhalten wurden, während der Druck nahe derselbe blieb. s sind wieder die Ablenkungen der Tangentenbussole, m die in der Minute durchgeflossenen Wassermengen in Grammen; die unteren Indices beziehen sich auf die Apparate 1 und 2:

No.	s_1	s_2	m_1	m_2	$\frac{m_1}{m_2}$	p	Temp.
			gr	gr			
1			1,760	0,539	3,265	1985^{mm}	13°,8 C.
2	182,5		1,497			1987	
3		152,5		0,422		1990	14 ,0
4	182		1,606	0,580	3,801	1982	14 ,0
5		170		0,393		1998	14 ,3
6	209,5					1990	9 ,5
7		179,4				2000	
8	229,4	163,7	1,221	0,248	4,931	2000	12 ,0
9	227,6	160	1,111	0,211	5,176	1980	10 ,5
10		174,6	1,087	0,191	5,702	1985	11 ,6
11	227,6					1992	11 ,1

In Folge der Gleichung (11) sind s_1 und s_2 proportional den elektromotorischen Kräften, und es ergiebt sich also für beide Diaphragmaapparate nahe dieselbe elektromotorische Kraft. Die Werthe der elektromotorischen Kräfte zeigen wenigstens keine gröfseren Unterschiede, als wie sie bei demselben Apparate vorkommen, wenn die Versuche längere Zeit dauern. Zwischen den Versuchen 7 und 8 wurde etwa vier Stunden hindurch Wasser durch beide Diaphragmaapparate getrieben, ohne dafs sie geschlossen waren, und man sieht, wie dadurch die elektromotorische Kraft geändert worden war.

Von einer Aenderung der Temperatur des Diaphragmaapparates kann der Unterschied nicht herrühren, denn diese findet sich in der letzten Columne angegeben, und es zeigen sich schon bei derselben Temperatur grofse Unterschiede.

Es ist sehr wahrscheinlich, dafs diese Aenderungen von der Verschiedenheit des destillirten Wassers herrühren, vielleicht auch davon, dafs von der Substanz der porösen Wand Theilchen aufgelöst werden. Dazu kommt, dafs oft auch der Apparat mit kleinerer freier Oberfläche die gröfsere elektromotorische Kraft hat, und dafs man trotz der gröfsten Sorgfalt, fremde Stoffe fernzuhalten, nicht im Stande

ist, constante Resultate zu bekommen. Die porösen Körper condensiren alle, wie es beim Platinschwamm und der Kohle in so hohem Grade der Fall ist, auf ihrer Oberfläche Gase und andere in der Luft enthaltene fremde Stoffe, so dafs man durchaus nicht sagen kann, zwei Thonplatten, die aus derselben gröfseren Platte geschnitten sind und die scheinbar auf gleiche Weise behandelt wurden, haben dieselbe Oberflächenbeschaffenheit.

19. Durch dieselben Umstände erklären sich dann auch die Verschiedenheiten der elektromotorischen Kraft eines Diaphragmaapparates 3, der mit 1 zugleich untersucht wurde, wo der Radius der freien Oberfläche und die Dicke des Diaphragmas gefunden waren:

$$r_3 = 12^{mm},1 \qquad d_3 = 4^{mm},046.$$

Die folgende Tafel giebt die beobachteten Werthe von s, m und p. Die unteren Indices beziehen sich wieder auf die Apparate.

No	s_1	s_3	m_1	m_3	$\frac{m_1}{m_3}$	p	Temp.
			gr	gr			
1	182		1,606			1982mm	14° C.
2		182	1,683	0,958	1,757	1989	14
3	195,6	183,1	1,614	1,009	1,600	1997	14 ,3
4	195,1		1,571	0,974	1,614	1989	14 ,9
5	227,6		1,087			1992	11 ,1
6	220,0	170,2	1,078	0,880	1,227	1992	12 ,6

Zwischen den Beobachtungen 4 und 5 liegen mehrere Tage; ebenso zwischen 5 und 6.

Die elektromotorische Kraft ist also in beiden Apparaten nahe dieselbe, während die Thonplatte des Apparates 3 fast die doppelte Dicke von der in 1 hat und die Oberflächen beider dieselben sind. Die Schwankungen sind im Anfange des Versuches, wo das Wasser noch nicht die Oberfläche der Platten geändert hat, geringer als später.

20. Was die durchgeflossenen Wassermengen betrifft, so sieht man aus allen angeführten Tabellen, dafs die elektromotorische Kraft unabhängig von derselben ist, und dafs

sich auch keine gesetzmäfsige Abhängigkeit derselben von der Dicke der Thonplatten und der freien Oberfläche ergiebt. Der Grund des letzteren liegt, wie schon oben angedeutet wurde, in der Veränderung der Weite der Capillarröhren, aus denen die Thonplatten bestehen, während der Dauer einer Versuchsreihe, wie denn bei dickeren Platten und kleinerer freier Oberfläche natürlich weniger Wasser hindurchfliefsen kann bei demselben Drucke.

Um also die gefundenen Gesetze kurz zusammenzufassen, so ist *die elektromotorische Kraft, die auftritt, wenn ein gewisser Druck reines Wasser durch eine Thonplatte treibt, unabhängig von der Gröfse und Dicke der Thonplatte, unabhängig von der durchgeflossenen Wassermenge, aber proportional dem angewandten Drucke.*

22. Um ferner die elektromotorische Kraft des Diaphragmaapparates mit der einer Daniell'schen Kette vergleichen zu können, was durch die Gleichung (11) möglich wird, wurde der Strom einer solchen Daniell'schen Kette durch die Tangentenbussole geleitet und die Ablenkung σ bestimmt. Ebenso wurde dann die Ablenkung σ_1 bestimmt, nachdem die beiden Silberspiralen eingeschaltet waren. Die Beobachtung ergab:

$$\sigma = 185{,}8 \qquad \sigma_1 = 110{,}7$$

und die Gleichung (11) geht dadurch über in:

$$e = 0{,}0036513\, D\,.\,s \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Nimmt man als Mittelwerth für den Druck:

$$p = 2000^{mm} \qquad s = 200^{mm}$$

so folgt daraus:

$$e = 0{,}72026\, D$$

oder für den Druck $760^{mm} = 1$ Atmosphäre:

$$e = 0{,}2737\, D \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13$$

Das specifische Gewicht der angewandten Thonplatten ergab sich gegen ausgekochtes Wasser bei 16° C.

$$= 2{,}4793.$$

Die bei diesen Versuchen auftretende elektromotorische Kraft ist also ganz bedeutend, und nur in der schlechten

Leitungsfähigkeit des destillirten Wassers liegt es, dafs die auftretenden Ströme so geringe Intensität haben.

22. Um darüber entscheiden zu können, ob der Strom des Diaphragmaapparates sofort auftritt, sobald das Wasser durch die Thonplatte zu fliefsen beginnt, genügt es nicht, den Ausschlag der langsam schwingenden astatischen Nadel zu beobachten, denn es wird immer eine geraume Zeit verfliefsen, bis diese sich in Bewegung setzt.

Ich habe zu diesem Zwecke das physiologische Rheoskop [1]), den stromprüfenden Froschschenkel, angewandt, der ja um so stärker zuckt, je schneller die Intensität des erregenden Stromes anwächst.

Der Unterschenkel eines Frosches wurde auf eine Glasplatte und der zugehörige *Nervus ischiadicus* so auf zwei isolirte Zinkstreifen gelegt, welche mit den Platinplatten eines Diaphragmaapparates in Verbindung standen, dafs der Strom desselben ein möglichst langes Stück des Nerven durchfliefsen mufste. Wenn bei einem Drucke von 1000^{mm} bis 2000^{mm} der Strom des Diaphragmaapparates durch Eintauchen oder Herausnehmen eines Drahtendes in ein Quecksilbernäpfchen geschlossen oder geöffnet wurde, so gab der Froschschenkel lebhaft Schliefsungszuckung, oder Schliefsungs- und Oeffnungszuckung, je nach der Stromstärke und der Phase der Erregbarkeit, in der er sich befand.

Wurde nun der Stromkreis des Diaphragmaapparates geschlossen gelassen, und durch schnelles Oeffnen des Hahnes *O''* (Fig. 5 Taf. I) des Druckapparates plötzlich der Druck auf das Wasser des Diaphragmaapparates ausgeübt, so gab der Froschschenkel ebenfalls Schliefsungszuckung, aber schwächer, als beim Schliefsen des Quecksilbercontactes.

Es rührt diefs daher, weil der Druck sich nicht so schnell aus dem Windkessel durch das T förmige mit Wasser ge-

1) E. du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität, Bd. I, S. 254 u. 413; und Dove, Untersuchungen im Gebiete der Inductionselektricität, S. 18.

füllte Rohr und den Kegelverschluſs bis zum Diaphragmaapparate fortpflanzen kann.

Wenn man nämlich das Seitenrohr *D* des Diaphragmaapparates (Fig. 2 Taf. I) durch die in Fig. 9 Taf. I angegebene Vorrichtung nach Art eines Sicherheitsventiles verschlieſst, so kann, selbst wenn der Hahn *O''* des Druckapparates geöffnet ist, kein Wasser durch das Diaphragma strömen, und es ist also kein elektrischer Strom vorhanden, wie es sich mit Multiplicator und Froschschenkel nachweisen läſst. An das Rohr *D* sind nämlich zwei Oesen *O* angekittet, in denen ein horizontales Drahtstück leicht drehbar ist. Senkrecht gegen dieses horizontale Drahtstück ist dann der Draht *Q* gelöthet, der mit seinem nach unten gewölbten Theil auf die Messingplatte *P* drückt, die auf ihrer unteren Seite eine Korkscheibe trägt. Das Gewicht *R* drückt also mittelst des Hebels *Q* die Korkscheibe auf die Oeffnung des Rohres *D* und verschlieſst dieselbe mit einer Kraft, die durch Verschieben von *R* regulirt werden kann. Hebt man *R* plötzlich, so hebt der Wasserdruck im Diaphragmaapparat eben so plötzlich die Platte *P*, das Wasser kann durch das Diaphragma flieſsen und der Froschschenkel wird lebhafte Schlieſsungszuckung geben, eben so, wie wenn der Strom durch Quecksilbercontact geschlossen worden wäre.

Es findet dieſs natürlich statt, mag der elektrische Strom den Nerven aufsteigend oder absteigend durchflieſsen.

Das Sicherheitsventil läſst sich jedoch nicht so schnell schlieſsen, daſs dadurch auch Oeffnungszuckung hervorgerufen wird.

Die Versuche waren dieselben, mochte die Thonplatte des Diaphragmaapparates eine Dicke von 2^{mm} oder 4^{mm} haben.

Der Strom des Diaphragmaapparates tritt also, soweit es das physiologische Rheoskop beobachten läſst, sofort mit seiner ganzen Stärke auf, sobald die Wasserströmung durch das Diaphragma beginnt.

23. Da es wünschenswerth schien, die von mir beob-

achteten Ströme auch mit geringen Hülfsmitteln zeigen zu können, besonders ohne einen Multiplicator mit einer grofsen Anzahl Windungen nöthig zu haben, so habe ich folgenden Apparat construirt, der in Fig. 10 Taf. I in etwa $\frac{1}{3}$ natürlicher Gröfse abgebildet ist.

In eine cylindrische Thonzelle *T'* ist mit Siegellack eine Glasglocke eingekittet, die sich in das zwei Mal rechtwinklig gebogene Glasrohr *G* fortsetzt. Durch die Glasglocke führt ein eingeschmolzener Platindraht zu der Platinplatte *P* im Innern des Thoncylinders. Das Glasrohr *G*, die Glasglocke und der Thoncylinder werden nun vollständig mit destillirtem Wasser gefüllt, dann der geöffnete Hahn *H* auf die in *G* festgekittete Messingfassung geschraubt und geschlossen. Der so mit destillirtem Wasser gefüllte Thoncylinder *T'* wird in ein etwas gröfseres Glasgefäfs gestellt, das ebenfalls destillirtes Wasser und die Platinplatte *P'* enthält. Die Platinplatten *P* und *P'* stehen mit einem Multiplicator von etwa 600 Windungen mit astatischer Nadel in Verbindung. Damit der Widerstand des von dem Thoncylinder und den beiden Platinplatten gebildeten Diaphragmaapparates möglichst gering sey, müssen die Platinplatten so nahe wie möglich an der Oberfläche des Thoncylinders sich befinden.

An den Hahn *H* wird nun der Druckapparat geschraubt. Dieser besteht aus einer U förmigen Glasröhre mit einem weiteren Schenkel *V* und einem engeren *Q*. In das untere Ende von *V* sind zwei Platindrähte eingeschmolzen, die zwei Platinplatten tragen. In die Röhre *V* wird ein Tropfen Quecksilber gethan, dann verdünnte Schwefelsäure darauf gegossen, bis dieselbe etwa zur Hälfte gefüllt ist, und hierauf das offene Ende des Schenkels *Q* mit dem Löthrohre zugeschmolzen. Der Quecksilbertropfen befindet sich dann in der als Manometer dienenden Röhre *Q*. In das offene Ende von *V* ist eine Messingfassung gekittet, mit welcher der ganze Apparat an den Hahn *H* angeschraubt wird.

Es wird nun der Strom einer Säule von etwa vier Bunsen'schen Elementen durch die in *V* eingeschmolzenen

Platindrähte geleitet und die in *V* enthaltene verdünnte Schwefelsäure dadurch zersetzt. Ein Bausch von Baumwolle im oberen Theile von *V* verhindert, dafs die Gasentwicklung Theilchen der Flüssigkeit an die Messingfassung schleudert, wodurch dieselbe angegriffen und auch später das Wasser des Diaphragmaapparates verunreinigt werden könnte, so dafs dann die elektrischen Ströme desselben nicht mehr sichtbar seyn würden.

Man läfst nun die Gasentwicklung in *V* so lange dauern, bis das Manometer *Q*, an welchem eine in der Zeichnung fortgelassene Scale angebracht ist, einen Druck von etwa drei Atmosphären anzeigt. Wird dann der Hahn *II* plötzlich geöffnet, so treibt das in *V* comprimirte Knallgas das destillirte Wasser des Diaphragmaapparates durch den Thoncylinder *T*, und man wird am Multiplicator einen Ausschlag von etwa 10° im Sinne eines elektrischen Stromes beobachten, der von der Platinplatte *P'* durch den Multiplicatordraht nach *P* fliefst. Der elektrische Strom wird natürlich um so schneller abnehmen, je kleiner der mit comprimirter Luft erfüllte Raum in *V* war und je schneller also der Druck abnimmt, der die Flüssigkeit durch den Thoncylinder treibt.

Bei dem kleinen Krümmungsradius, den in dieser Form alle Theile des Apparates haben, ist ein Zerspringen desselben nicht leicht zu fürchten, selbst wenn der Druck drei Atmosphären um ein bedeutendes übersteigen sollte, zumal man den Druck vollkommen in seiner Gewalt hat.

Aus diesem letzteren Grunde und auch weil der beschriebene Apparat sich aus der Ferne mit Leichtigkeit handhaben läfst, verdient er den Vorzug vor der Einrichtung, wo der Druckapparat eine mit Zink und Schwefelsäure gefüllte Röhre *V'* (Fig. 9, Taf. I) ist, deren Einschnürung verhindert, dafs das Zink in die Schwefelsäure hinabfällt. Durch Schütteln oder Neigen des vor den geschlossenen Hahn *II* geschraubten Apparates kann man dann die Schwefelsäure mit dem Zink in Berührung bringen, und so durch das entwickelte Wasserstoffgas den gewünschten

Druck erzeugen. Bei der Kenntnifs des Volumes von V läfst sich auch leicht durch Wägen der hereingebrachten Menge Zink die entwickelte Menge Wasserstoffgas und der dadurch erzeugte Druck im Voraus bestimmen.

Steht einem kein Multiplicator zu Gebote, so kann man mit dem stromprüfenden Froschschenkel leicht einen Strom zwischen den Platinplatten P und P' des Apparates Fig. 10, Taf. I, nachweisen, indem derselbe zuckt, wenn der Hahn II geöffnet wird, und auch noch eine kleine Zeit nachher beim Schliefsen oder Oeffnen eines Quecksilbercontactes, durch Schliefsungs- und Oeffnungszuckung die Fortdauer des elektrischen Stromes anzeigt.

Ebenso lassen sich die eingeschmolzenen Platindrähte leicht durch solche ersetzen, die mit Siegellack eingekittet werden, so dafs die Herstellung des ganzen Apparates keine Schwierigkeiten hat.

Durch Vergröfserung der Dimensionen des Apparates kann man die Wirkung auf die Multiplicatornadel erhöhen, wie denn besonders durch Vergröfserung des Thoncylinders der Widerstand verringert wird. Wesentlich dabei ist, dafs der Thoncylinder rein ist, und es wird also am besten ein neuer Thoncylinder angewandt werden.

24. Man könnte nun meinen, die beobachteten elektrischen Ströme rührten einfach von der Reibung her, die das Wasser in der Thonwand erleidet. Wenn nun auch der Begriff Reibung zu denjenigen gehört, mit denen ein unbekanntes Etwas bezeichnet zu werden pflegt, so glaube ich doch nicht, dafs die hier auftretende Elektricität Reibungselektricität ist, wie sie z. B. bei einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine auftritt, wobei nicht die Möglichkeit geleugnet werden soll, dafs einmal beide Elektricitätsquellen auf dieselbe Grundursache zurückgeführt werden können.

Die Thatsache, dafs die elektrischen Ströme immer im Sinne der Flüssigkeitsströmung stattfinden und durch Zusatz von Säuren und Alkalien geschwächt werden, ist freilich in Uebereinstimmung mit der Angabe Faraday's [1])

1) *Faraday*, *experim. research. II. S. XVIII.* 2099.

bei Gelegenheit der Versuche über die Elektricität der Dampfstrahlen, dafs das Wasser, gegen alle anderen Körper gerieben, positiv elektrisch wird, und dafs durch Zusatz von Säuren und Alkalien zum destillirten Wasser die Wirkung abnimmt. Faraday sagt aber ausdrücklich, dafs nicht alle Körper gleich stark negativ elektrisch werden, und dafs z. B. Elfenbein nur schwach negativ elektrisch werde. Ich habe mit Sägespänen des letzteren und destillirtem Wasser aber ziemlich starke Ströme am Multiplicator beobachtet. Wenn nun auch wohl ein Multiplicator von der angewandten Einrichtung empfindlicher seyn mag als das von Faraday angewandte Goldblattelektrometer, so müfste doch immer ein Unterschied in der Stärke des Stromes zu bemerken gewesen seyn.

Dazu kommt, dafs durch Zusatz von Terpenthin oder fetten Oelen zum Wasser die Wirkung der Dampfstrahlen die entgegengesetzte wurde, indem jetzt die geriebenen Körper positiv, die Dampfstrahlen negativ elektrisch wurden. Ich habe aber bei Zusatz von Terpenthin oder Knochenöl zum destillirten Wasser, wie ich oben angegeben habe, niemals die entgegengesetzte Wirkung beobachtet, sondern immer elektrische Ströme im Sinne der Flüssigkeitsbewegung, obwohl doch das Wasser das Oel in den Poren des Diaphragmas verschob und schliefslich verdrängte.

Nehmen wir jedoch für den Augenblick einmal an, dafs wir es hier mit Reibungselektricität zu thun haben. Das Diaphragma habe die freie Oberfläche 1 und es werde durch die Reibung der Wassermolecüle gegen die Thonwand denselben die positive Elektricitätsmenge E mitgetheilt, während dann das Thondiaphragma die Elektricitätsmenge $-E$ annehmen würde.

Es müfsten alsdann die Wassermolecüle selbst die negative Elektricität des Diaphragmas zur Platinplatte A des Diaphragmaapparates ableiten. Dabei fällt es schon auf, warum diese negative Elektricität sich nicht mit der positiven der durchgeströmten Wassermolecüle ausgleicht, von der sie ja angezogen wird: denn die Flüssigkeit leitet nach

der einen Seite so gut, wie nach der anderen, ja nach der Seite *B* noch besser, wenn man annimmt, dafs die mitgeführten oder aufgelösten Partikelchen des Diaphragmas die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit erhöhen. Und warum gleichen sich diese freien Elektricitäten nicht schon früher in der Flüssigkeit selbst wieder aus, sondern legen erst den weiten Weg bis zu den Platinelektroden zurück, um durch den Multiplicatordraht diese Ausgleichung vorzunehmen? Und es ist doch von Kirchhoff gezeigt worden, dafs die Strömungen der Elektricität immer der Art sind, dafs die dadurch erregte gesammte Wärmemenge ein Minimum wird. Die Elektricität müfste darnach also auch hier den kürzeren Weg, auf dem sie weniger Wärme erregt, vorziehen.

Aus meinen Versuchen folgt aufserdem die Unabhängigkeit der elektromotorischen Kraft von der Entfernung der Platinplatten von dem Diaphragma, so dafs dennoch nicht, selbst bei grofser Entfernung derselben, ein Theil der Elektricität durch das Wasser hindurch sich ausgleicht.

Dafs die elektromotorische Kraft mit dem Drucke zunimmt und dabei unabhängig von der Menge des durchgeflossenen Wassers und der Dicke der Thonwand ist, würde sich durch die Annahme erklären lassen, dafs nicht alle Flüssigkeitsmolecüle mit der Oberfläche des festen Körpers in Berührung kommen, und dafs die Anzahl derselben, bei welcher diefs wirklich stattfindet, allein vom Drucke abhängt; denn wenn auch bei gröfserer Dicke oder engeren Poren des Diaphragmas weniger Flüssigkeit hindurchströmt, so ist dafür doch für jedes einzelne Flüssigkeitsmolecüle die Wahrscheinlichkeit gröfser, dafs es die Oberfläche des festen Körpers berühren wird. Von dem ungleichen Drucke, mit welchem die Flüssigkeitsmolecüle gegen die des festen Körpers gedrückt werden, und von der Geschwindigkeit, mit der dieselben an einander vorübergeführt werden, würde man die verschiedene elektrische Spannung nicht ableiten können, da Péclet [1]) gezeigt hat,

1) *Péclet, mémoire sur l'électricité produite par le frottement. Ann. de chim et de phys. LVII.* 1834.

freilich bei einer Elektrisirmaschine, dafs die elektrische Spannung unabhängig ist von der Geschwindigkeit, mit der die Maschine gedreht wird, und unabhängig von dem Drucke, mit welchem die geriebenen Körper gegen einander geprefst werden, sobald nicht durch den Druck die Berührungspunkte beider vermehrt werden, und das letztere ist bei einer Flüssigkeit und einem festen Körper doch nicht anzunehmen.

Doch gehen wir weiter. Es sey i die Stromintensität, wenn das Diaphragma die freie Oberfläche 1 hat, so ist:

$$iw = K,$$

wo K die elektromotorische Kraft und w den gesammten Widerstand bedeutet. Da nun die Stromintensität i, die in der Zeiteinheit durch den Querschnitt des Leiters strömende Elektricitätsmenge, proportional der in der Zeiteinheit entwickelten Elektricitätsmenge E ist, so ist also:

$$q \,.\, E \,.\, w = K \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

wo q eine Constante bedeutet. w wird nicht wesentlich geändert, wenn die freie Oberfläche des Diaphragmas um das $n$fache vergröfsert wird, wohl aber ist dann die in der Zeiteinheit entwickelte Elektricitätsmenge um das $n$fache vergröfsert worden, und man hat also jetzt:

$$nq \,.\, Ew = K' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

oder aus den Gleichungen (14) und (15):

$$nK = K',$$

d. h. die elektromotorische Kraft müfste mit der freien Oberfläche des Diaphragmas zunehmen, was gegen das oben gefundene Gesetz ist.

Man kommt also mit der Annahme, dafs die entwickelte freie Elektricität selbst durch den Multiplicator sich ausgleicht, nicht aus. Man kann jedoch weiter annehmen, dafs die entwickelte freie Elektricität blofs die treibende Kraft ist, welche in derselben Weise wie die durch den Contact erzeugte Menge freier Elektricität bei einer gewöhnlichen elektrischen Kette den Strom hervorbringt. Dann würde also die Einheit der freien Oberfläche des Diaphragmas eine bestimmte Menge freier Elektricität in der Zeiteinheit

erzeugen, und von dieser die Spannung der freien Elektricität abhängen. Da jeder Theil der freien Oberfläche dieselbe Elektricitätsmenge erzeugt, so hätte das Potential der freien Elektricität auf der ganzen *A* zugewandten Seite des Diaphragmas einen constanten Werth, und ebenso auf der *B* zugewandten Seite. Von der Differenz beider Werthe würde dann der elektrische Strom abhängen.

Doch nun tritt wieder die schon oben erwähnte Schwierigkeit auf, wo denn die negative Elektricität des Diaphragmas bleibt. Die positiv elektrischen Wassermolecüle sammeln sich auf der Seite *B* des Diaphragmas, denn die Wasserströmung treibt sie dorthin. Die einzelnen Theilchen der Thonwand leiten aber die Elektricität nicht, und selbst wenn man für Thon ein Leitungsvermögen in Anspruch nimmt, so kann man diefs doch nicht mehr bei anderen Stoffen, wie z. B. Seide und Schwefel, bei denen dieselben elektrischen Ströme auftreten. Die einzelnen negativ elektrischen Theilchen der Thonwand, die mit den positiv elektrischen Wassermolecülen gemengt sind, können aber doch nicht auf das aufserhalb des Diaphragmas befindliche Wasser eine Wirkung ausüben.

Nun könnte man sagen, die elektrische Spannung rührt allein von der freien positiven Elektricität der Wassermolecüle her, und die Differenz ist nicht $2E$, sondern E. Dann müfste sich aber bei der Fortdauer der Wasserströmung auf den Molecülen der Thonwand eine unbegränzte Menge negativer Elektricität ansammeln, und wie das möglich ist, kann ich nicht einsehen.

Dazu kommt, wenn das Diaphragma aus einer leitenden Substanz, z. B. Platinschwamm, besteht, und man die Platindrähte *A* und *B*, die zum Multiplicator führen, mit der Substanz des Diaphragmas selbst in Berührung bringt, in der Weise, dafs der eine Draht am einen, der andere am anderen Ende des Diaphragmas sich befindet, dafs man dann ebenfalls einen elektrischen Strom am Multiplicator beobachtet, der im Diaphragma die Richtung der Wasserströmung hat. Im Diaphragma selbst hat das Wasser jedenfalls

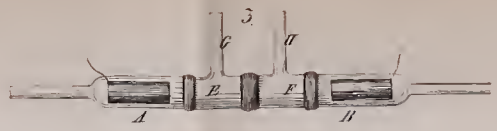
verschiedene elektrische Spannung. Am Ende *B* desselben müfste daher mehr freie positive Elektricität seyn, als bei *A*, die sich durch zwei Zweige der Leitung, nämlich den Multiplicatordraht und die Substanz des Diaphragmas, ausgleicht. Ebenso müfste dann aber auch bei *B* mehr negative Elektricität seyn, und diese würde in derselben Richtung den Multiplicator und das Diaphragma durchfliefsen, wie die positive Elektricität, d. h. beide Ströme würden sich compensiren.

Ich glaube also nicht, dafs man die bei diesen elektrischen Strömen auftretenden Erscheinungen erklären kann, wenn die Molecüle des Diaphragmas ebenfalls elektrisch vorausgesetzt werden.

Die Versuche, welche über die Abhängigkeit dieser elektrischen Ströme von der Substanz des Diaphragmas und der durchgepreſsten Flüssigkeit entscheiden und die zur Erklärung derselben zu führen scheinen, werde ich veröffentlichen, sobald dieselben in gröfserer Anzahl vorliegen.

Berlin im März 1859.

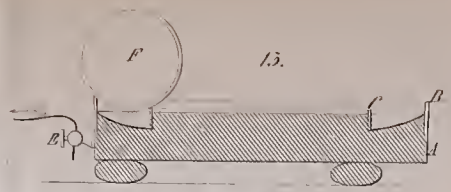
2.
C
D
A
B


3.
C
D
A
B
E
F

1.
B
A

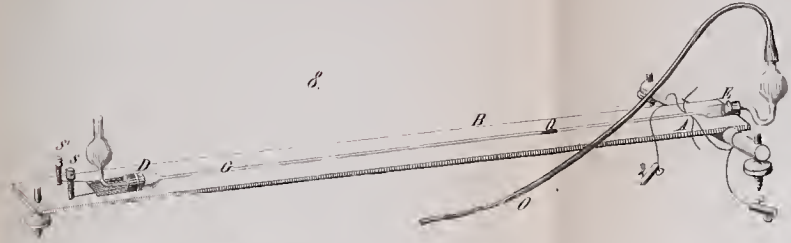
6.
M

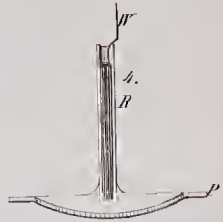
E
A
D
Q

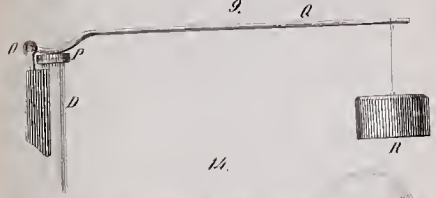

F
15.
C
B
A

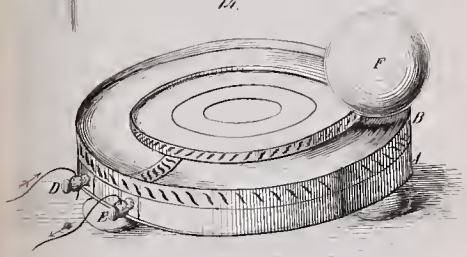
K''
K'
O'
O''
O
F

11.
Zn

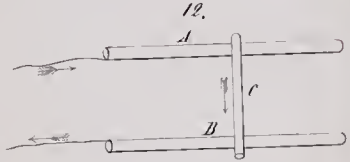

8.
B
A
G
D
O

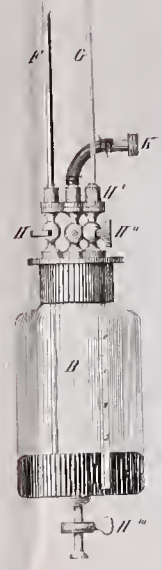

W
4.
R
P

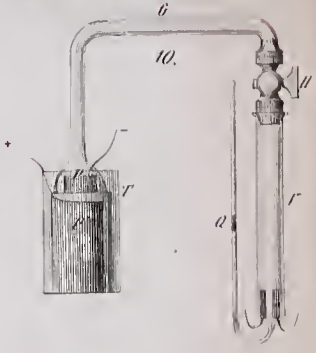

9.
Q
O
P
D
R


14.
F
B
A
D
E

M
7.
R
T
K


12.
A
C
B


F
G
K
H'
H''
H
H'''


6
10.
H
T
Q